

المكتبة الثقافية

نافذة على الكون

د. إمام إبراهيم أحمد



المكتبة الثقافية

نافذة على الكون

الدكتور /إمام إبراهيم أحمد



الهيئة العامة للغات والنشر

١٩٨٦

مقدمة

برأ الإنسان يطرق أبواب الكون محاولاً الانطلاق في الفضاء كي يلمس بنفسه الحقائق التي عرفها عن طريق دراساته لعجائب محتوياته ، ويكشف الستار عما خفي من الغاز لم يتمكن وسائله المحدودة من إدراك كنهها .

وقد قنعت الحضارات المتتالية بمراقبة الكون خلال نافذة شبه مغلقة ، أخذت في فتحها شيئاً فشيئاً ، وهي كلما تقدمت في ذلك خطوة تكشف لها من جديد العجائب ما يثيرها بالسير خطوات جديدة ، حتى جاءت حضارتنا الحديثة فلم تقنع بالنظر خلال النافذة بل رأت أن تأتي الكون من أبوابه ، وهما قريب ستتمكن من فتحه على مصراعيه ليبدأ ركب البشرية سيره في طريق جديد واضح المعالم .

ولإذا وجد أبناؤنا أو أحفادنا طريق الفد ممهداً أمامهم ، فن واجبهم ألا ينسوا تلك النافذة التي تطلّع خلالها أجدادهم يوماً ما ، وجمعوا من المعلومات ما يثير لهم الطريق ويجنبهم متاعبه وأخطاره .

النافذة القمرية :

إذا رجعنا عبر التاريخ للبحث عن أول نافذة فتحتها الإنسان ليعطل منها على الكون لانهى بنا المطاف إلى قدماء المصريين والبابليين . وليس معنى هذا أنهم كانوا أول من رصد الأجرام السماوية ولكن حضارتهم هى أقدم حضارة بقيت آثارها حتى اليوم لتحكى لنا بعض ما قاموا به فى هذا المجال . فإذا شئنا أن نتوخى الدقة فى حديثنا لذكرنا أن أول نافذة فتحت منذ بدء الخليقة حينما استهوى منظر السماء الإنسان البدائى فوقف يتطلع إلى جبال الشروق وما يعقبه من نور ودفء ، ثم بدأ يتساءل عن المكان الذى تختفى فيه الشمس من وقت غروبها حتى لحظة شروقها وعن هذه النقط اللامعة التى لا تتجروا على الظهور فى حضرة الشمس . ولعل ذلك كان سبباً داهماً إلى تقديسها وعبادتها كما قدسوا الفجر الذى يبشرهم بظهورها .

وكانت نظرة الإنسان إلى الشمس يشوبها الخوف والعجب والإجلال ، فلم يكن يملك من المناظير والأجهزة ما يمكنه من معرفة الحقيقة عن الكون والشمس . فقدماء المصريون كانوا يستقدون أن الأرض منبسطة وتقع مصر فى وسطها ، وعند

الأركان الأربعة للأرض المنبسطة توجد أربعة جبال شاهقة ترتكز عليها قبة السماء المصنوعة من الحديد . ويتخلل هذه القبة ثقبون تظهر فائدتها عندما يحل الظلام ، إذ تسرع الألمة الصغيرة بتدلية المصابيح خلالها ، فإذا ما اقترب الفجر سحبتها إلى أعلاهم يبدأ الإله الأعظم « رع » إله الشمس في رحلته اليومية .

ولم تكن الشمس وحدها محل التقديس والعبادة في فجر التاريخ ، بل شاركها في ذلك القمر والنجوم ، ولعل ذلك من الأسباب التي أدت إلى انتشار التنجيم بين الناس . فمما التنجيم إلا تقديس للأجرام السماوية واعتقاد بمقدرتها على التحكم في حياة الإنسان وشؤون . فوجود الشمس في برج معين أو ظهور أحد الكواكب عند مولد شخص يحدد مصيره طوال حياته ، فنجد فيها أياماً سعيدة وأخرى لا يجوز فيها عقد الصفقات أو السفر . . . الخ .

وفي الحقيقة يمكننا تقسيم تطور علم الفلك إلى عدة مراحل ، بدأت بمرحلة العبادة ثم تفرع منها طريقان : أحدهما للاستفادة من رصد الأجرام السماوية في فائدة الإنسان وهي علم الفلك الحقيقي ، بينما اتجه الطريق الآخر نحو التنجيم . ثم تطور علم الفلك من مراقبة بالعين إلى استعمال آلات بدائية ، ثم اختراع

المنظار الفلكي وتطوره إلى أحدث الأجهزة المعروفة لنا .
وبحث العلاقة بين معابد القدماء وبين عبادة الشمس والنجوم
موضوع شيق ، تناول به شئ من التفصيل العالم الإنجليزي
« نورمان لوكيار » وخص بالذكر معابد وآثار قدماء المصريين ،
وقد وجد أن بعض المعابد يشير جدرانها إلى الجهات الأصلية
الأربعة أى إلى اتجاه شروق الشمس وغروبها فى الاعتدالين
الريعى والحريفى ، بينما تشير جدران معابد أخرى إلى شروق
الشمس وغروبها عند المنقلبين الصيفى والشتوى ، وهذا الاتجاه
الأخير ليس بثابت بل يتغير تبعاً لحظ العرض .

وبجدر بنا أن نشير إلى معبد آمون رع كمثال واضح على
ما نقول ، إذ يشير محوره الرئيسى إلى اتجاه ٢٦° شمال الغرب ،
وذلك اتجاه غروب الشمس فى طيبة عند المنقلب الصيفى ،
بينما نجد بالقرب من هذا المعبد تمثالين لأمنحتب الثالث ينظران
فى اتجاه شروق الشمس عند المنقلب الشتوى .

ولعل أجمل ما فى الموضوع محاولة « لوكيار » إثبات معرفة
قدماء المصريين لبعض الأسس التى نستخدمها فى المناظير
الفلكية الحديثة ، واستنتاجه أن المعابد هى مراصد فلكية تعتبر
الأولى من نوعها فى التاريخ . فكثير من المعابد تكون محاورها

الرئيسية مفتوحة في أحد أطرافها ، ويمتد كل محور مخترقاً عدة قاعات مختلفة الأحجام والأشكال وتنتهي في الطرف الآخر من المحور عند المحراب المقدس . أما المحور نفسه فيحدده عدة فتحات ضيقة تمتد من أول المعبد حتى المحراب المقدس ، وقد يبلغ عددها سبع عشرة أو ثمانية عشر فتحة ، كما هي الحال في معبد آمون رع . ونتيجة لهذا التصميم يمر شعاع ضيق من ضوء الشمس بطول المعبد لينير المحراب مرة كل سنة عند غروب الشمس يوم الانقلاب الصيفي .

وفي مناظيرنا الفلكية الحديثة نجد أنبوبة مغلقة مثبتاً في أحد طرفيها عدسة وفي الطرف الآخر عينية تنظر خلالها إلى أضواء الأجرام السماوية ، وبين الطرفين نجد عدة حلقات تزداد ضيقاً كلما اقتربنا من العينية تماماً كفتحات المعبد التي تضيق كلما اقتربنا من المحراب . والفكرة في ذلك أن يصل الضوء إلى المكان المطلوب نقياً خالياً من شوائب الانعكاسات على الجدران الجانبية . واستطرد « لوكيار » يفسر أسباب امتداد محور المعبد إلى مسافات طويلة من جهة ، وأسباب الظلام التام الذي يسود المحراب من جهة أخرى . فمن الناحية الفلكية ، كلما امتد شعاع الضوء مخترقاً عدة فتحات ضيقة ازدادت الدقة في رصد الشمس .

ومن الواضح أنه كلما اشتد الظلام في المحراب فإن طرف الشعاع المنتهى إليه يكون واضح المعالم ، ويمكن تحديد مكانه على الجدار بكل سهولة وإلى درجة كبيرة من الدقة . وهذه الأمور من الأهمية بمكان عند رصد الشمس في أحد المنقلبين ، إذ يحدد مكانها على الجدار لمدة يومين أو ثلاثة حول موعد المنقلب ، ومن ذلك يمكن تعيين وقت المنقلب نفسه .

وكانت هذه إحدى الطرق لتعيين طول السنة الشمسية ، إذ هي الفترة بين منقلبين صيفيين متتاليين . ولعل المصادفة وحدها التي جمعت بين وقت المنقلب الصيفي وبدء فيضان النيل . وهكذا بدأ قدماء المصريين تطبيق علم الفلك لفائدة الإنسان ، بعمل التقاويم وتحديد موعد الفيضان . أما من الناحية الدينية ، فقد وضع الكهنة في بعض المحاريب المظلمة تماثلاً للإله « رع » مولياً ظهره للفتحة التي يدخل منها الضوء ، فتسقط عليه الأشعة مرة كل عام لبضعة ثوان ثم تختفي ، فيخيل للرأى أن « رع » ظهر بنفسه فجأة ثم اختفى .

ولم تقتصر هذه المراصد المقدسة على دراسة الشمس ومتابعتها بل اهتمت أيضاً بالنجوم . فهناك ما يشير إلى أن قدماء المصريين رسموا خرائط لنجوم السماء على جدران معابدهم . فن معبد

دندره انتزع علماء الأمان الفرنسيين قطعة حلوها معهم إلى متحف باريس، وعلى هذه القطعة خريطة لمنطقة للبروج التي تقطعها الشمس خلال عام. وإذا كنا نرسل إلى المجموعات النجومية بصور الحيوانات وأبطال الأساطير فقد سبقنا في ذلك قدماء المصريين وإن كان لهم أبطال يختلفون ممن نعرفهم الآن. ولكن إلى جانب ذلك نجد بعض الصور المشابهة مثل الحمل والثور والحوت والتوأمين والأسد والميزان والسهم.

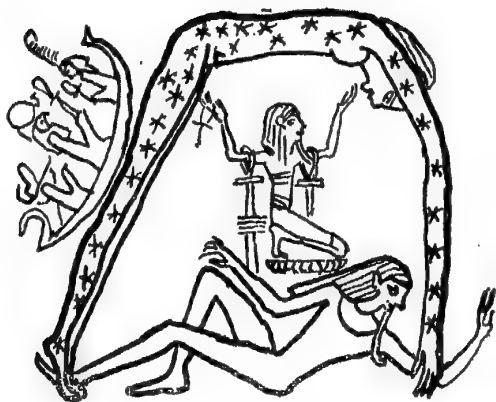
وفي نفس الخريطة نجد مسار الشمس اليومى مقسما إلى اثني عشر قسما يمثلها اثنتا عشرة سفينة، رمزا إلى اتخاذهم طول النهار اثنتى عشرة ساعة، كما رسموا الإله «أوزيريس» ليرمز إلى القمر. كما وجد في معابد أخرى عدة مجموعات نجمية منها مجموعة الجبار التي بقيت كما هي حتى الآن، ومجموعة الفخذ التي يمثلها الآن الدب الأكبر.

ومن الفرائب التي يذكرها «لوكيار» عن قدماء المصريين أنهم — في بعض معابدهم — استخدموا مرآة «أو سطحا ما كسا» في الخارج يحركونه طوال النهار فيعكس ضوء الشمس لينير المعبد بأكمله وهو يؤيد هذه الرواية بالمقابر الموجودة على أعماق كبيرة من سطح الأرض وجدرانها مغطاة بالرسوم

المبروغليفية ، بينما لا يوجد فيها ما يدل على إضاءتها بإشعال النيران
لرؤية ما يكتبونه ، فهي إذن أضيئت بانعكاس أشعة الشمس .
وإذا صح هذا التقدير ، كان المصريون القدماء أول من استعمل
نظرية « السليوستات » الحالية ، وهي عبارة عن مرآة تتحرك
آلياً لتعكس أشعة الشمس في اتجاه ثابت ، فتسقط دائماً على
جهاز مثبت لدراستها .

وإذا كان الغرض من بعض المعابد أن يكون بمثابة مرصد
للقدماء ، فإن الفضول يدفعنا إلى إلقاء نظرة على الكون
وما فيه كما تخيلوه ، ثم البحث عن أى دراسات فلكية صحيحة
فالسما إلهة يطلق عليها اسم « نوت » صوروها على هيئة أنثى
تنحني على الأرض « سب » وترتكز بقدميها عند طرف
الآفق وبأصابع يديها عند الطرف الآخر .

ويمثل الأرض رجل مضطجع ، يفصلها عن السماء إله الهواء
والنور « شو » — انظر (شكل ١) — ويصور حركة الشمس اليومية
عبر السماء إله في قارب يتحرك من الشرق إلى الغرب . أما
الناحية الأسطورية فتذكر أن الأرض « سب » هو زوج السماء
« نوت » ، بينما آلهة الشمس والفجر والضحى هم أبناء لهم .



(شکل ۱)

وقد ساهم نهر النيل في تقدم علم الفلك عند قدماء المصريين ،
فقد صادف وصول الفيضان إلى هليوبوليس وممفيس وقت الانقلاب
الصيفي . ونحن نعلم أن الأرض تقطع مسارها حول الشمس
في عام واحد وأنه تبعاً لهذا المسار تكون الشمس عمودية على
خط الاستواء في الاعتدال الربيعي ثم تتحرك لتتعامد على خطوط
العرض الشمالية حتى مدار السرطان في الانقلاب الصيفي ، وبعد ذلك
ترجع جنوباً فتصل خط الاستواء في الاعتدال الخريفي ومدار
الجدى في الانقلاب الشتوي . فإذا رصدنا نقطة شروق الشمس
على الأفق نجدها تتغير من يوم إلى آخر ، فتكون في اتجاه الشرق
تماماً عند الاعتدالين ، بينما تكون أقرب ما يمكن إلى الشمال
في الانقلاب الصيفي وإلى الجنوب في الانقلاب الشتوي .

وقد لاحظ قدماء المصريين تغير نقط الشروق ، فاقاموا
بعض معابدهم بحيث تكون محاورها الرئيسية في اتجاه شروق
الانقلاب الصيفي ، ولعل الفكرة الأولى من هذا العمل الاحتفال
بالفيضان بحيث يصل ضوء الشمس إلى المحراب لينيره وقت
الفيضان ، ولو انحرف المحور الرئيسي للمعبد عن هذا الاتجاه
لحدث أحد أمرين :

١ — لا تشرق الشمس عند الاتجاه الجديد فى أى يوم من أيام السنة وبذلك لا تضىء المحراب على الإطلاق .

٢ — تشرق الشمس مرتين فى هذا الاتجاه ، مرة وهى فى طريقها إلى الانقلاب الصيفى وأخرى وهى عائدة منه ، وبذلك تضىء المحراب يومين كل عام .

ولكن وصول الفيضان قرب الانقلاب الصيفى ، وبناء المعابد فى هذا الاتجاه أدى إلى وصول أشعة الشمس إلى المحراب مرة واحدة فقط كل عام ، وبالتالي إذا قيست الفترة بين مرتين متتاليتين أمكن استنتاج طول السنة .

وهكذا عرف قدماء المصريين الحركة الظاهرية للشمس التى هى انعكاس لحركة الأرض حول الشمس فى مسار تقطعه فى عام ، ووضعوا بذلك أساس التقويم فى صورة علمية حتى جاء « يوليوس قيصر » فأخذها عنهم وأدخلها فى الإمبراطورية الرومانية .

وقد قسمت السنة إلى اثنى عشر شهرا يضمها ثلاثة فصول أو مواسم هى موسم الفيضان وموسم الزرع وموسم الحصاد فى كل منها أربعة أشهر ، ونسبوا أول شهر فى العام إلى إله الحكمة « توت » كما اعتبروا كل شهر ثلاثين يوما فى بادئ

الأمم ولكنهم لم يلبثوا بعد بضع سنين أن لاحظوا اختلاف وقت الفيضان بالنسبة لهذه الشهور ، ثم بالملاحظة الدقيقة عرفوا أن طول العام هو ٣٦٥ يوما بدلا من ٣٦٠ .

ولم تقتصر إقامة المعابد الشمسية على مصر ، بل تعداها إلى الحضارات الأخرى في بابل والصين حيث نجد من مخلفات الحضارة الأولى ما يشير إلى توجيه معابدهم نحو شروق الشمس في المنقلب الصيفي ، وفي الصين نحو شروقها في المنقلب الشتوي ، كما نجد بعض المعابد تفتح أبوابها عند الاعتدالين لتستقبل أشعة الشمس عند الشروق أو الغروب مثل معابد القدس وبعليك وبالميرا .

وكما اهتم القدماء برصد الشمس ، وجهوا عنايتهم كذلك إلى أرصاد النجوم ، فهناك كثير من المعابد لا تدخلها أشعة الشمس في أي يوم من أيام السنة ، ومعنى ذلك أنها ليست بمعابد شمسية . وكانت المشكلة التي جابهت علماء تاريخ الفلك هي معرفة ما إذا كان الغرض من هذه المجموعة رصد النجوم أو لا ، فلو أن النجوم ثابتة في الكون لمئات المسألة ولكن موضع شروقها في الوقت الحاضر هو نفس الموقع منذ آلاف السنين ، ولما احتاج

الأمر سوى نظرة في الاتجاه المعين أو بحث في جداول النجوم لمعرفة ما يشرق منها في هذا الاتجاه .

ولكن هنالك تغير ضئيل مستمر في مواقع النجوم في السماء بحيث إذا أشرق نجم أو غرب عند نقطة معينة من الأفق فإنه بعد بضع مئات من السنين يغير ذلك الموضع تغيراً ملموساً . ومعنى ذلك أنه إذا بنى معبد بحيث يكون محوره في اتجاه شروق أو غروب نجم معين فإنه بعد فترة من الوقت يستنفد أغراضه وتستحيل رؤية النجم من أقاصي المعبد إلا إذا أعيد بناؤه وعدل اتجاه محوره ليشير إلى الموضع الجديد للشروق أو الغروب .

وتشير الدراسات المستفيضة التي أجريت على بعض المعابد غير الشمسية إلى مجهودات ضخمة بذلها القدماء في سبيل تغيير اتجاهات محاورها ، وفي الحالات القليلة الأخرى التي استحال فيها القيام بهذا العمل بنيت معابد جديدة مجاورة لتفنيهم عن تحويل المحاور القديمة . وإلى جانب ذلك يوجد بعض ازدواجات من المعابد ، يشير أحدها إلى اتجاه بضع درجات جنوب الشرق بينما ينحرف الآخر نفس العدد من الدرجات جنوب الغرب . ومعنى ذلك — من الناحية الفلكية — أن الأول منها يرصد شروق نجم معين بينما يرصد الثاني غروب هذا النجم نفسه .

وقد امتد أثر المراصد الدينية من الشرق الأوسط إلى عدة
أماكن أخرى حيث بقيت الأفكار الفلكية دون تغيير بينما
كان التعديل الأساسي في التصميم ليناسب الفن المعماري
والظروف السائدة في تلك الأماكن . وكانت بلاد الإغريق
من أهم الأماكن تأثرا بمعابد المصريين حيث استبدلوا الفناء
المكشوف والسقف المسطح بفناء مغطى وسطح مائل لكثرة
. هطول الأمطار في بلادهم .

نافذة الإسكندرية

فيما بين حضارة قدماء المصريين ومدرسة الإسكندرية بضعة آلاف من السنين لم تذهب هباء منثوراً ، بل تقدمت فيها الأرصاد الفلكية تقدماً محسوساً سواء في النتائج أو في الأجهزة ذاتها ، وإنما نذكر حضارة الإسكندرية بالذات لأنها تمثل مرحلة هامة في تاريخ الفلك نعرف عنها الكثير ، مرحلة ارتبطت بظهور عدد كبير من العلماء المبرزين الذين نهضوا بالأرصاد الفلكية على أساس علمي ، فكان لهم أثر كبير على أعمال العرب بعد ذلك بعشرة قرون ، ولكن من واجبتنا أن نشير بإيجاز إلى تطورات الفترة الواقعة بينهم وبين قدماء المصريين ، وإن كانت معلوماتنا عنها غير كاملة .

ففي الهند والصين نجد بعض الوثائق التي ترجع إلى عام ألفين وخمسمائة قبل الميلاد وفيها تسجيل لبعض الأرصاد والمعلومات الفلكية مثل معرفة الزاوية بين مستوى حركة الشمس الظاهرية وبين مستوى خط الإستواء . وحوالي ذلك الوقت كان البابليون يعملون في المجال الفلكي ويقومون بأرصاد

لشروق وغروب كوكب الزهرة مع الشمس ومحاولات لرصد
مواقع النجوم .

وفي القرن الخامس قبل الميلاد بدأ اليونانيون مساهمتهم
في تقدم علم الفلك ، فوجد أول أرصاد دقيقة قام بها « ميطون
واقطيمون » عام ٤٣٢ ق.م في أثينا لتعيين أوقات المنقلبين الصيفي
والشتوي ، ولكن الآلات التي استخدمت في هذه الأرصاد
غير معروفة لنا ، ولعلها نفس الآلات التي استعملها فلكيو
الإسكندرية والعلماء العرب بعدهم في هذا الغرض نفسه والتي
سنشير إليها في المكان المناسب .

وفي الإسكندرية نجد مجموعة ضخمة من علماء الفلك مثل
وأريستولوس و« تيموخارس » اللذين كانا أول من رصد مواقع
النجوم ، أما « ليراتو ستينس » فليس في حاجة إلى تعريف بما اشتهر
عنه من رصد ارتفاع الشمس في الإسكندرية حين تكون
عمودية على أسوان واستخراجه من ذلك مقدار محيط الأرض
بالإضافة إلى أرصاده على النجوم . ولكن أهم هؤلاء أثرأ في فتح
نافذة الأرصاد الفلكية اثنان هما « هيارخوس » و « بطليموس »
بما استحدثاه من أجهزة بالإضافة إلى تشعب أنواع الأرصاد التي
قاما بها . فالإلى « هيارخوس » ينسب عمل جداول لمواقع ثمانمائة

وخسين نجما وقياس حجم القمر وبعده عن الأرض ، كما جمع بطليموس في جداوله ١٠٢٨ نجما .

وما دمنا قد دخلنا عهد الأرصاد الفلكية البعثة القائمة على أسس علمية ، يجدر بنا أن نشير إلى بعض الأجهزة الفلكية البدائية التي كانت شائعة الاستعمال حينئذ ، وبالرغم من بساطتها استخلصوا منها بعض النتائج الدقيقة الهامة . فن الأرصاد الرئيسية معرفة ارتفاع أى جرم سماوى فوق الأفق عند وجوده فى أحد الاتجاهات الأصلية ، ومع تنوع أشكال الآلة المستخدمة فى هذا الغرض ، إلا أن الفكرة الأساسية واحدة إذ تحتوى على جزءين رئيسيين — دائرة رأسية مقسمة إلى درجات تقيس الارتفاع ، ومؤشر مثبت فى مركز الدائرة ويتحرك طرفه على محيطها ، وبتحريك المؤشر حتى يصير فى اتجاه الجرم السماوى ، ثم قراءة التدرج على الدائرة عند طرف المؤشر نعرف الارتفاع المطلوب . وكما أن كل جهاز لا يلبث أن يناله التطوير والتحسين ، كذلك تطورت آلة الارتفاع واتخذت أشكالا عديدة فى الأزمنة المختلفة . ففى بداية الأمر كانت الحلقة صغيرة من المعدن أو الخشب ومعلقة بحبل أو أكثر ، ثم احتاج الأمر فيما بعد إلى زيادة الدقة فى الأرصاد ، وذلك بتأني

بكثرة التدريجات على محيط الحلقة ، وذلك يسهل عمله كلما كبر ذلك المحيط ، ثم تبين للفلسكيين بعد ذلك أن تضخيم حجم الحلقة أدى إلى متاعب جديدة ، إذ أنه عند تعليقها استطالت تحت تأثير وزنها فلما استغنوا عن التعليق بتركيزها على سطح الأرض كان لضغط أجزائها بعضها على بعض أثر في تغير شكلها من دائرة إلى شكل يضاوى .

والمعروف أن « هيارخوس » استعمل هذه الآلة في هيئتها البدائية وإن كان مخترعها غير معروف على وجه التأكيد ، أما بطليموس فقد حاول أن يتحاشى متاعب تكبير الحلقة إذ أشار إلى بناء حائط صغير في الاتجاه المطلوب ، ثم رسم دائرة عليه مثبت في مركزها مؤشر متحرك يحس سطح الحائط ، ثم جاء علماء العرب فيما بعد فزادوا في طول الحائط وارتفاعه .

وكما شمل التطوير الحلقة المدرجة في الآلة ، فإنه تناول أيضا المؤشر حتى اتخذ أشكالا متعددة . فكان في بادئ الأمر عصا ذات طرفين مديين ، ثم أضيف إلى كل طرف منها قطعة من المعدن أو الخشب المثقوب حتى يمكن تعيين اتجاه الجرم السماوي بدقة أكبر حين يظهر للراصد خلال الثقيبين . ولم تقتصر هيئة المؤشر أو « المضادة » على العصا المستقيمة بل استبدلها بطليموس

بقمرص يملأ باطن الحلقة بأكله ويتحد معها في المركز وقد
حضر عليه قطر ليقوم مقام المؤشر ، ثم استبدل هذا القطر
المحفور في بعض الآلات بمؤشر يدور حول المركز المشترك .

ثم تعددت الدوائر والتدرجات المرسومة على سطح الآلة
ولم تقتصر على تقاسيم الحلقة الخارجية التي تبين ارتفاع الجرم
السماوى ، والفرض من التقسيمات الجديدة إعطاء بعض النتائج
الفلكية — التي تعتمد غالباً على الإرتفاع — مباشرة دون
ما حاجة إلى عمل الحسابات اللازمة لذلك بعد كل رصد ،
وغالبية هذه الدوائر الجديدة ذات صلة بتعيين الوقت أو تحديد
مواقيت الصلاة وفي هذه الحالة يكون لكل بلد آتية الخاصة التي
نقشت تدرجها طبقاً لخط عرض ذلك المكان ، كما جرت العادة
على تسجيل طول الظل المرادف لسكل إرتفاع على ظهر الآلة
وذلك لأهمية طول الظل في تحديد الوقت .

ويطلق على الآلة في حينها الأخيرة اسم « الأسطرلاب »
(انظر شكل رقم ٢) وإن كان البعض يسمونه ليشمل كل جهاز
يقيس إرتفاع الأجرام السماوية . وأصل هذه الكلمة غير معروف



(شکل ۲)

على وجه التحديد ، ففي رأى حمزة الاصفهاني (١) أن اللفظ فارسي الأصل مأخوذ عن « شتاره ياب » أى مدرك النجوم ، أما البيروني (٢) فيذكر أن هذا قد يكون صحيحاً بقدر ما يكون أيضاً معرباً عن اليونانية « أسطربون » حيث « أسطر » بمعنى النجم ويؤيد هذا الرأى وجود الآلة في بعض الكتب اليونانية القديمة .

ومن أبسط أنواع الآلات التى استخدمها علماء الإسكندرية حلقة مستديرة لرصد وقت الاعتدال . والطريق إلى ذلك هو أن تنصب الحلقة مائلة على الأفق وتكمل مع خط الشمال والجنوب زاوية تساوى عرض المسكان ثم مراقبة ظل الحلقة كل يوم عند الظهيرة ، فإذا وقع ظل النصف المواجه للشمس على باطن النصف الآخر البعيد عنها كان ذلك وقت الاعتدال .

ومن ناحية أخرى نجد آلات معقدة التركيب من بينها الآلة

(١) حمزة ابن الحسن الأصفهاني ، فارسي المولد — عاش في بغداد

في النصف الثاني من القرن العاشر الميلادى وهو مؤرخ ولفوى .

(٢) أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني ولد في خوارزم عام ٩٧٣ م

وتوفى في غزنة بعد عام ١٠٥٠ م وهو من أبرز علماء العرب خاصة في الرياضيات والفلك .

التي تسمى بـ « ذات الحلق » . ولكي نعرف معنى هذه الآلة وأهميتها ، يجدر بنا أن نشير أولاً إلى مواقع الأجرام السماوية والأساس الذي تنسب إليه ومبدأ قياس هذه المواقع . فالنوع الأول من الأرصاد منسوب إلى دائرة الأفق ، ويحدد موقع الجسم بزاوية ارتفاعه عن هذه الدائرة وزاوية انحرافه عن اتجاه الشمال والجنوب أو الشرق والغرب . وفي النوع الثاني يستخدم خط الاستواء — أو الدائرة المقابلة له في السماء — ويقاس موضع الجسم بزاوية بعده عنها وزاوية انحرافه عن نقطة معينة على هذه الدائرة (١) . أما النوع الثالث فأساسه دائرة مسار الأرض حول الشمس — بمعنى آخر ، دائرة المسار السنوي الظاهري للشمس حول الأرض — ويكون الموقع معلوماً إذا عرفنا زاوية البعد عن هذه الدائرة وزاوية الانحراف عن النقطة المعينة التي أشرنا إليها .

نعود الآن إلى « ذات الحلق » ، فنجد أنها مركبة من بضع حلقات متحدة في المركز لتمثل الدوائر المذكورة بالإضافة إلى

(١) اتخذ علماء الفلك لذلك نقطة تقاطع هذه الدائرة مع دائرة مسار الأرض حول الشمس . والدائرتان تميلان على بعضهما بمحالى $23\frac{1}{4}$ درجة .

بضع دوائر أخرى أساسية ، وكل يسهل تحريك كل حلقة على
 حدة ، فقد اختلفت أحجامها حتى لا يحدث بينها احتكاك يعوق
 حركاتها . والحلقات الأساسية في هذه الآلة خمس ، أولاها
 دائرة الأفق ، والثانية توازي مستوى الزوال^(١) ، والثالثة
 الدائرة الكسوفية^(٢) والرابعة خط الاستواء والأخيرة متعامدة
 مع الرابعة فتدريجياتها إذن تبين البعد عن دائرة خط الاستواء .
 وباجتماع الدوائر الأصلية التي تنسب إليها مواضع الكواكب
 والنجوم في السماء — في آلة واحدة ، أصبح في مقدور العلماء
 رصد الموقع في أى لحظة باستخدام مؤشر أو أكثر في هذه
 الحلقات . ويعتبر صنعها فتحا جديداً في الميدان الفلكي ، لما
 تمتاز به عن الآلات الأخرى المعروفة قبل ذلك . فمن ناحية ،
 لا تقتصر أرصادها على اتجاه معين مثل الشمال والجنوب فقط ،
 بل تملت جميع الاتجاهات . ومن ناحية أخرى ، نجد أن الآلات
 المستخدمة كانت ترصد الارتفاع عن الأفق والانحراف عن
 الشمال والجنوب ، بينما هنا يمكننا رصد الموقع بالنسبة إلى دائرة
 خط الاستواء أو الدائرة الكسوفية بالإضافة إلى الأفق . وقد
 استخدم بطليموس هذه الآلة في تعيين الزاوية بين الشمس

(١) المستوى الرأسى المار باتجاه الشمال والجنوب .

(٢) مسار الأرض حول الشمس .

والقمر حين يكون الاثنان ظاهرين فوق الأفق ، ففي هذه الحالة يمكن تحويل الجهاز من أحدهما إلى الآخر في لحظات قبل أن تتغير الزاوية بينهما نتيجة لحركة كل منهما في مساره الخاص. ولا يفوتنا أن نشير في ختام هذه الفقرة إلى ما وفرته هذه الآلة من وقت علماء الفلك بإعطائها الموقع منسوباً إلى أى دائرة بدلاً من الحسابات المطولة لنحويله من الأفق إلى الدوائر الأخرى.

أرصاد العرب

فتح العرب نافذة الكون إلى أقصى ما تسمح به
الإمكانات المادية والعلمية في ذلك الوقت . وعلينا
أن نأخذ في الاعتبار تلك الفترة الطويلة التي انقضت بين مدرسة
الإسكندرية وبداية الحضارة العربية العلمية ، التي تريد على ستة
قرون . ومن ناحية أخرى بدأ العرب حضارتهم بدراسة ألف
باء العلم أو — إذا أردنا أن نتوخى الدقة في التعبير — بترجمة
علوم اليونان والفرس والهند قبل البدء في دراستها .

وقد يسحب المرء لقوم بدأوا بدراسة مبادئ العلوم ثم قفزوا
في فترة وجيزة إلى مرتبة تحدثت عنها الأجيال التالية ، لكن
هجيبة لا يلبث أن يزول إذا ضربنا له مثلاً ما كان يحدث في تلك
الفترة . ففي النصف الثاني من القرن الثامن الميلادي بدأت حركة
الترجمة لعلوم الرياضة والفلك تحت إشراف يعقوب بن طارق
المتوفى عام ٢٩٦ م وإبراهيم الفزاري المتوفى عام ٢٢٧ م ،
ولم يلبث ثانيهما أن صنع أول جهاز اسطرلاب عربي كما كتب
كلامهما بضعة مؤلفات في الفلك والرياضة . وهكذا سارت الترجمة
جنباً إلى جنب مع التطبيقات العملية والدراسات النظرية ، وسرعان

ما ظهرت روح التجديد والابتكار التي كان لها أثر بعيد في تقدم العلوم عند العرب .

ففي عهد الخليفة المامون بن هرون الرشيد أنشئت أكاديمية علمية في بغداد أطلق عليها اسم « بيت الحكمة » ، وألحقت بها مكتبة ضخمة ومرصد تم بناؤه تحت إشراف سند بن علي رئيس الفلكيين حينئذ ، وذلك بالإضافة إلى مرصد آخر في سهل تدمر بالعراق ، وعززت هذه المراصد بأجهزة فلكية شبيهة بآلات اليونان والفرس والهند وإن فاقها في الدقة . وقام نخبة من العلماء العرب بصناعة هذه الأجهزة وعلى رأسهم علي بن عيسى الأسطرلابي الذي برع في صناعة آلة الأسطرلاب فاشتهر بذلك الاسم ، وأبو علي يحيى بن أبي منصور الذي زاد في دقة الأجهزة بزيادة تدريجات مقاييسها فقسم كل درجة إلى ستة أجزاء حتى تكون القيمة أقرب ما يمكن إلى الحقيقة .

ولم يكتف المامون بمرصدى العراق ، بل أمر خالد بن عبد الملك المروزي أن يرصد بدمشق فبنى على جبل دير مران حائطاً طول ضلعه عشرة أذرع ، وعمل عليه ربع دائرة من الرخام ، ثم جعل ربع الدائرة محفوراً كي تجري فيه قطعة

صغيرة مثقوبة فيعين موقع الشمس بالنظر خلال هذا الثقب
على امتداد وتد تثبت في مركز ربع الدائرة .

وكان كل عالم يأتى فيصنع لنفسه ربع دائرة خاصاً به ،
أو حلقة كاملة حسب مقتضى الظروف . فحينما أراد البيروني
رصد الاعتدال الحريفي بغزة ، صنع لذلك ربع دائرة قطرها
تسعة أذرع ، بينما صنع في الجرجانية ربع دائرة قطرها ستة
أذرع وقسم محيطها إلى دقائق وذلك لقياس ارتفاع الشمس
في المنقلب الصيفي وإيجاد عرض المكان . أما سليمان بن عصفه
السمرقندي فقد رصد عرض بلخ مستخدماً لبنة ذات عضادة
قطرها ثمانية أذرع .

وكما استخدمت أحجام مختلفة من أرباع الدوائر ، كذلك
كانت الحال في الحلقات وإن كانت صغيرة الحجم بوجه عام حتى
لا يتغير شكلها الدائري نتيجة لكبر حجمها وزيادة وزنها .
ومن أصغر أنواعها ما رصد به أبو الحسين عبد الرحمن الصوفي
أيام عضد الدولة بحلقة قطرها ذراعان ونصف أى خمسة أشبار
وكل جزء في أنسام محيطها يساوى خمس دقائق ، وبالمثل حلقة
أبي حامد الصفاني التي يبلغ قطرها ستة أشبار والتي استخدمها
في بركة زلزل غربي بغداد . وقد أطلق على بعض هذه

الحلقات أسماء خاصة مثل الحلقة المضدية التي استعملها الصوفي لإيجاد عرض شيراز ، والحلقة الشاهية التي رصد بها البيروني عرض الجرجانية ، والحلقة اليمينية التي رصد بها عرض غزنة وهذه أهمها جميعاً إذ أن كل جزء في محيطها يساوى $\frac{1}{6}$ دقيقة فقط .

ننتقل الآن إلى التجديدات والابتكارات التي توصل إليها العرب في صنع الآلات الفلكية بالإضافة إلى التحسينات التي أشرنا إليها فيما سبق . وعلى رأس الآلات المبتكرة تلك التي أقيمت على جبل طبرك بجوار بلدة الرىّ بالعراق في أواخر القرن العاشر الميلادي . فقد أمر نجر الدولة العالم الفلكي أبو محمود حامد بن الحضرة الحنظلي « المتوفى عام ١٠٠٠ م » بعمل أرصاد دقيقة لتعيين وقت الانقلابين ، فأقام فوق ذلك الجبل حائطين متوازيين في اتجاه الشمال والجنوب وبينهما مسافة سبعة أذرع « أي حوالي ثلاثة أمتار » وارتفاعهما يقرب من أربعين ذراعاً « ستة عشر متراً » وعمل في وسط السقف فتحة مستديرة قطرها شبر واحد وبذلك تصل أشعة الشمس إلى الأرض بين الحائطين كل يوم عند الظهر وتتوسط المسافة بين الحائطين في لحظة الزوال تماماً أي عند عبورها خط الشمال

والجنوب حين تبلغ أقصى ارتفاعاتها في ذلك اليوم . وقياس زاوية الارتفاع لم يترك الأرض مستوية ، بل هياها على شكل جزء من محيط دائرة مركزها هو مركز الفتحة المستديرة في السقف ، ثم فرش هذا الجزء المنحني بالواح من الخشب وقسمه إلى درجات ثم قسم الدرجات إلى دقائق وأخيراً قسم كل دقيقة إلى ستة أجزاء . وقد ساعده على ذلك كبر المحيط فصار في إمكانه قراءة الارتفاع حتى سدس دقيقة ثم تقدير ما بين ذلك . ولما كانت صورة الفتحة التي ترميها أشعة الشمس قرينة من قرص مستدير يحتاج الأمر إلى معرفة مركزه ، فقد صنع لذلك حلقة في حجم القرص وفيها قطران متقاطعان يحددان مركزها ويوضعها على صورة الفتحة يتعين المركز في الحال . ولما كان جزء المحيط المدرج المكسوّ بالواح الخشب هو سدس المحيط فقط ، فقد أطلق على هذه الآلة اسم السدس الفخري نسبة إلى نجر الدولة .

وهذه الآلة قرينة الشبه بالمنظار الزوالى الحديث ، الذي يرصد وقت عبور الأجرام السماوية خط الشمال والجنوب . ففيه نجد فكرة الحائطين المتوازيين يظللهما سقف متحرك وبينهما منظار يتحرك في مستوى الزوال فقط ليرصد وقت العبور . كما نجد

فكرة الحلقة ذات القطرين على هيئة خيطين رفيعين من خيوط
العشكوت مثبتين في عينية المنظار .

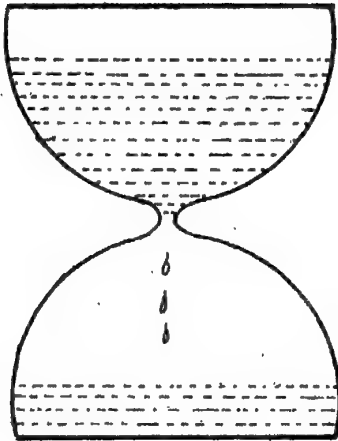
وإذا كان هذا السدس الفخري قد فاق كل ما عمل قبله من
آلات دقة ، وحجما ، فلن يحجب ذلك ما صنع قبله بحوالى
ست سنين ، إذ بنى أبو سهل الكوهي (المتوفى عام ٩٨٨) بأمر
شرف الدولة بيتاً في بغداد وجعل أرضه قطعة كرة نصف قطرها
خمسة وعشرون شبرا « خمسة أمتار » ومرز هذه الكرة فتحة
صغيرة في سقف البيت يدخل منها شعاع الشمس ويرسم المدارات
اليومية بما في ذلك ما قبل الزوال وبعده .

وقد صنع العرب عددا آخر من الآلات استخدمت في حالات
خاصة ، ومنها « البريج » الذي كان الغرض الرئيس منه رؤية
الهلال أول الشهر العربي . ولو أنهم زودوا هذه الآلة بالعدسات
لكانوا أول من اكتشف التلسكوب ولعرفوا كثيرا من أسرار
هذا السكون . ويتكون البريج من أنبوبة اسطوانية مجوفة طولها
خمسة أذرع وقطر فتحها ذراع واحد ، وقد طلى جوفها بالالون الأسود
لمنع انعكاسات الضوء داخلها « تماما كما نفعل في أنبوبة المنظار
الفلكي » . والأنبوبة مركبة في قائم رأسى يمكن إدارته حول
نفسه ، أما مركز هذا القائم فهو مركز دائرة مخطوطة على

الأرض ومقسمة بتدريج الزوايا لتحدد الزاوية الأفقية بين خط الشمال والجنوب وبين الجسم المراد رصده . أما الزاوية الرأسية أو زاوية الارتفاع فيعبرها دائرة رأسية مدرجة ومثبت مركزها عند نقطة اتصال الأنبوبة بالقائم . وهكذا تتحرك الأنبوبة في مستوى رأسى ويحدد وضعها الدائرة الرأسية ، كما تتحرك « هي والقائم معا » في المستوى الأفقى ويحدد ذلك الوضع الدائرة الأرضية .

ولما كانت مواقع القمر في السماء معلومة عن طريق الحسابات ، فقد كانوا يستخرجون الموقع وقت الرصد من الجداول « الزاوية الأفقية والزاوية الرأسية » ثم ينصبون البربخ على هاتين الزاويتين وبذلك تشير الأنبوبة إلى القمر مباشرة فينظرون خلالها للتأكد من رؤية الهلال ، ويساعدون على ذلك سواد جوف الأنبوبة الذى يمنع ضوء النهار من أن يطنى على نور الهلال الخافت .

وكان لتعيين الوقت أهمية خاصة عند العرب بعد انتشار الإسلام وحاجتهم إلى وسائل سهلة سريعة لمعرفة أوقات الصلاة دون الاعتماد على الأرصاد الفلكية وما سبقها من حسابات مطولة ، وقد اعتمدوا فى ذلك على عدة وسائل كالساعات الرملية والمائية



ثقب يكتفى
لمرور نقطة
فقط

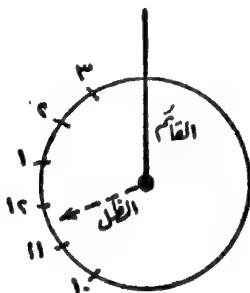
ساعة مائية

(شكل ٣)

والمزاويل . وتتكون للساعات المائية والرملية من إناءين على هيئة نصفي كرة يتصلان عن طريق اختناق ضيق للغاية يسمح للماء أو الرمل بالسقوط من الإناء العلوي إلى السفلي بكيات صغيرة منتظمة ، وبذلك تحدد كمية الماء أو الرمل التي نفذت إلى الإناء السفلي المدة التي اقتصت منذ لحظة معينة « ولتكن شروق الشمس مثلاً » . (أنظر الشكل رقم ٣) وقد بلغ من براعة العرب في صنع هذه الآلات أن أهدي هرون الرشيد عام ٨٠٧م ساعة مائية فاخرة إلى الملك شارلمان .

أما المزاويل فتعتمد على حركة الشمس اليومية التي ترسم دائرة في السماء يقع جزء منها فوق الأفق ويقع باقيها تحته . ومعنى ذلك — إذا فرضنا انتظام سيرها — أنها تتحرك كل ساعة زاوية قدرها خمس عشرة درجة . فإذا أقنا عموداً رأسياً على الأرض ، أمكننا بطريقة الحسابات أن نعرف الزوايا التي يتحركها ظله كل ساعة ابتداء من لحظة معينة « الظهر » وبذلك يمكن رسم هذه الاتجاهات حتى إذا وجدنا الظل واقفاً على أحدها عرفنا الفترة التي مرت منذ تلك اللحظة أو الباقية إليها . وقد تعددت أنواع المزاويل ، فمنها ما يكون القائم عمودياً على الأرض ، ومنها ما يكون عمودياً على حائط رأسي ، ومنها ما يكون مائلاً على

أحدهما بزاوية معينة . وحتى يكون للمزولة شكل مقبول ، فقد رسمت دائرة (على الأرض أو الحائط) مركزها هو نقطة ارتكاز القائم ، ووضعت على محيطها أرقام تحدد الوقت كلما أشار الظل إليها — تماماً كتنظرية الساعات الحديثة حيث عقرب الساعات بديل الظل المتحرك (انظر الشكل رقم ٤) .



مزولة

(شكل ٤)

وهذه الآلات البدائية تابع القدماء حركات الشمس والقمر والكواكب ، ورضدوا مواقع النجوم إلى درجة كبيرة من الدقة إذا أخذنا في الاعتبار نوع الآلات المستعملة وكفاءتها . ويجدر بنا قبل أن نفتح النافذة على مصراعها ، أن نلم للمامة سريرة بمشاهدات القدماء وتفسيراتهم لمسار أوه في السماء .

عبر النافذة

راى قدماء المصريين واليونان والفرس والمند مازا والعرب من عجائب السماء ؟ وكيف كانت نظرهم الى الكون وما فيه ؟

أشرنا فى حديثنا عن قدماء المصريين ونافذتهم المقدسة الى تخيلهم أن الأرض منبسطة وتقع مصر فى وسطها ، بينما توجد عند الأركان الأربعة للأرض أربعة جبال شاهقة تحمل قبة السماء المصنوعة من الحديد . ويتخلل هذه القبة عدد كبير من الثقوب تظهر فائدتها عندما يحل الظلام ؛ إذ تسرع الآلهة الصغيرة بتدلية المصابيح خلالها فإذا ما اقترب الفجر سحبتها الى أعلا ، ثم يبدأ الإله الأعظم « رع » إله الشمس فى رحلته اليومية حول الأرض .

وكما امتلأت السماء بالآلهة فقد اعتبروها — السماء — كوحدة واحدة إلهة أطلقوا عليها اسم « نوت » صوروها على هيئة أنثى تنحني على الأرض « سب » وترتكز بقدميها عند طرف الأفق وبأصابع يديها عند الطرف الآخر . ويمثل الأرض رجل مضطجع ، بينما يفصلها — الأرض — عن السماء

إله الهواء والنور « شو » . وإله الأرض « سب » هو زوج
إله السماء « نوت » بينا أبناؤهم آلهة الشمس والفجر والنور .
نعم . . . لقد كانت فكرة الإنسان في قديم الزمان عن
الكون تتسم بالغرابة . فعلى سبيل المثال تلك الأفكار التي
نبئت بين سكان الجزر . لقد شاهدوا الشمس وهي تشرق كل
صباح خارجة من الماء ثم تعود إليه كل مساء لتختفي في المحيط .
لقد كانت الشمس في رأيهم تنوص فعلا في الماء عندما يحل
الظلام ثم تبدأ في السباحة تحت الأرض متجهة نحو المشرق
لتخرج من الماء ثانية في صباح اليوم التالي .

ولما كان عالمهم هو تلك الجزيرة التي يعيشون فيها والتي
يحيط بها الماء من كل جانب ، فمن الطبيعي أن يستقدوا أن الأرض
طافية على سطح الماء على هيئة قرص مستدير كقرص الشمس
أو القمر وتبعث منها جذور تمتد إلى أعماق المحيط ، وخلال هذه
الجذور تمتص الأرض من الماء قوة حافظة لها باعتبار أن هذا الماء
الكوني هو مصدر الحياة والقوة لكل شيء .

وكان قساوسة الهند يتخيلون الأرض مرتكزة على
اثنى عشر عموداً ضخماً كما يرتكز سطح المنضدة على قوائمها .
وتمر الشمس فوق السطح المستوي نهائياً ثم تهبط ليلا تحت

المنضدة سالكة طريقها بين الأعمدة . وفي بعض الأوقات كان الهندوس يعتقدون أن للأرض أربعة أساسات بعضها فوق بعض وفي أسفلها يلتف أفقوان عالمي عائم في المياه الكونية . وفوق الأفقوان تقف سلحفاة ضخمة يرتكز على سطحها أربعة أفيال تتعاون فيما بينها لإسناد الكرة الأرضية .

وكان الأساس الذي ترتكز عليه الأرض في الفضاء مصدر اهتمام القدماء وتخميناتهم ، فكان الرأي السائد بين ذوى الفكر أن المياه الأبدية هي التي تحملها . ولما جاء « إمبيدوكليس » الشاعر الإغريقي وعالم الطبيعة في القرن الخامس قبل الميلاد — وهو الذي قسم العناصر إلى أربعة هي النار والهواء والماء والتراب — أعلن أن الأرض تقف في الفضاء تحت تأثير رياح دوامية هائلة . وهذه الرياح في دورانها المستمر حول الأرض تصد الأجرام السماوية فلا تهوى إلى الأرض وتدمرها ، كما أنها هي السبب في حركات الأجرام السماوية إذ تدفعها لتدور حول السماء .

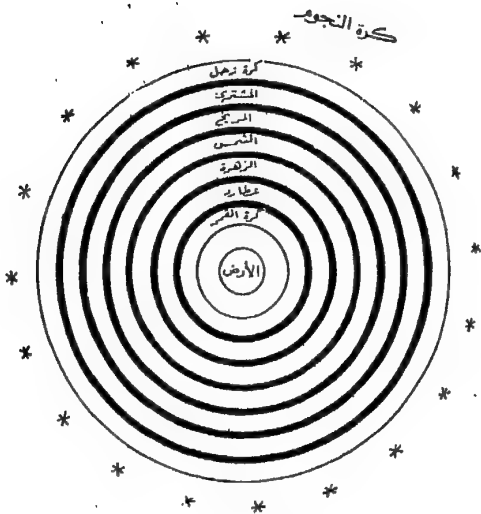
أما « أناكساجوراس » المعاصر لـ « إمبيدوكليس » فكان يرى أن هذه الدوامات من الرياح حطمت أجزاء صغيرة من الأرض وقذفت بها نحو السماء على هيئة نجوم تضيء نتيجة للاحتكاك الناشئ بينها وبين الرياح .

وجاء الفيلسوف الإغريق « فيثاغورس » وأتباعه بنظرية
مشيرة عن الكون ؛ مضمونها أن الفترات بين النغمات الموسيقية
تعادل تماماً المسافات بين الكواكب . فالكواكب الخمسة
والشمس والقمر تؤلف سلعاً موسيقياً كاملاً . ولكل جسم
سماوى نغمة موسيقية خاصة به ، وحين تسير هذه الأجسام
فى مساراتها تتألف نغماتها لتعطى موسيقى جميلة لادنيوية .

ونظراً للإعتقاد سائداً لقرون طويلة بأن الأرض هى مركز
الكون ، حيث إن كل الأجرام السماوية الأخرى تدور حولها .
ومن ناحية أخرى كان الإنسان يعتبر نفسه أهم المخلوقات
فى الكون ، وبما أن الأرض هى مأواه ؛ لذا كانت الأرض محط
أنظار الآلهة باعتبارها المركز الرئيسى .

وكان نظام الكون المتفق عليه أيام حضارات الهند والفرس
والإغريق والعرب يتلخص فى تقسيم الفضاء إلى ثمانى طبقات
تحيط بالأرض ، يختص كل كوكب من الكواكب الخمسة
المعروفة^(١) بحيزه طبقة منها ، ثم لكل من الشمس والقمر طبقة
خاصة ، وأخيراً تحتل النجوم الطبقة الثامنة (أنظر الشكل رقم ٥) .

(١) عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل .



(شكل •)

وكان ترتيبها حسب بعدها عن الأرض هو القمر ثم عطارد
ثم الزهرة ثم الشمس فالمرنج والمشتري وزحل وفي النهاية
عالم النجوم

ويعتبر هذا النظام الذي ابتدعه « بطليموس » خطوة هامة
نحو تقدم علم الفلك ، فقد ساعد على التنبؤ بحركات الكواكب
في السماء فقبله الفلكيون بصدور رحب . وكان العالم الإغريقي
« أرسططاليس » قبل ذلك بمائة عام قد قسم السماء المحيطة
بالأرض إلى ثمانى سموات مصمتة شفافة مثبتة في كل منها كوكب
من الكواكب ، وتدور كل سماء منها بأكملها حول الأرض
حاملة معها الكوكب الخاص بها .

وكان شكل الأرض وموقعها وحركاتها مثار جدل عنيف
بين العلماء في تلك العصور . فالأرض التي ظلت منبسطة آلاف
السنين ، جاء بعض مفكرى الإغريق ليقولوا إنها كروية ،
ولكنهم لم ينجحوا في نشر هذا الاعتقاد بين سائر الفلكيين
حتى القرن الثالث أو الثانى قبل الميلاد . ولم يسلم موقع الأرض
في مركز العالم من النقد والمعارضة نتيجة للدراسات المستفيضة
التي أجريت على حركة الشمس في السماء طوال العام ، فقد لوحظ
في هذا الشأن أمران على جانب كبير من الأهمية .

أولهما : أن حركة الشمس غير منتظمة فهي تسرع أحياناً وتبطئ أحياناً أخرى .

ثانيهما : أن حجم قرص الشمس يتغير تغيراً طفيفاً بصفة دورية .

فأوحى ذلك إلى علماء اليونان والعرب بنقل الأرض إلى نقطة أخرى مجاورة لها .

وبالمثل إذا نظرنا إلى دوران الأرض حول محورها نجد في القرن الخامس قبل الميلاد من نادى بذلك - وإن لم نجد نظريته قبولاً في الأوساط الفلكية . وظل الاعتقاد سائداً بأن الأرض ساكنة ، وأن الحركة اليومية التي نشاهدها للكواكب والنجوم والشمس والقمر هي حركة حقيقية ، حتى القرن الخامس عشر بعد الميلاد .

ولا يفوتنا في هذا المجال أن نشير إلى تطور أفكار علماء الفلك عن الأرض والسما قبل أن يأتي « جاليليو » في أوائل القرن السابع عشر ، ويفتح بمنظاره الفلكي ، نافذة جديدة نرى منها الكون من زاوية جديدة . وسنتناول عالين سبقا « جاليليو » يضع سنوات لثرى كيف كان يفكر علماء ذلك العصر ثم نتعرف بعد ذلك على المجالات التي فتحها المنظار الفلكي .

كوبرنيكوس : ولد « نيكولاس كوبرنيكوس » عام ١٤٧٣

في إحدى مدن بولندا وشب في طوق الكنيسة حتى أصبح عضواً في مجلس الكنيسة . وفي تلك الأيام كان الأفراد الذين يخدمون الكنيسة يكوّنون طبقة خاصة تختلف عن طبقة الشعب ، يكاد التعليم يكون مقصوراً عليهم حتى يمكنهم القيام بمراسم الصلاة طبقاً للكتب الدينية . وعلى ذلك فأى شخص يودّ دراسة العلوم عليه أولاً أن يصبح من رجال الكنيسة ، وذلك هو ما عمله « كوبرنيكوس » الذى ساعده على ذلك عمه الأسقف الذى بعث به إلى إيطاليا حيث درس الدين والطب والهندسة . وقد استغل براعته كمهندس خلال الحروب التى نشبت بين بلاده وبين ألمانيا ، فقد قام بتقوية الحصون وقاد بنفسه بعض القوات التى دافعت عنها . أما معلوماته للطبقة فقد وضعها في خدمة الفقراء يعالجهم دون مقابل .

وكانت الأمسيات والليالى أوقات فراغ بالنسبة إليه ، فوهبها لعلم الفلك الذى يهواه أكثر من غيره فكان يرتقى السور المحيط بالكنيسة كل ليلة سواء في الصيف القاطظ أو الشتاء القارس ، ليقوم برصد النجوم والكواكب . وبعد سنين طويلة من هذه الأرصاد ثبت لديه أن نظرية « بطليموس » عن الكون

كانت خاطئة فيما عدا نقطة واحدة ، هي أن القمر يدور حول الأرض . أما عطارد والزهرة والمريخ وباقي الكواكب فإنها تدور حول الشمس لا الأرض ، بل إن الأرض نفسها لا تختلف عنهم في ذلك إذ تدور أيضا حول الشمس . وهكذا حطم « كوبرنيكوس » النظريات السابقة التي تدعى أن الأرض ثابتة في مكانها وأنها هي مركز العالم .

كما كان « كوبرنيكوس » على صواب حين اعتبر النجوم طائفة منفصلة تماما عن المجموعة الشمسية ، كما أنه خمن أن المسافة من الأرض إلى الشمس لا تعتبر شيئا مذكورا إذا قورنت بأبعاد النجوم . أما حركة النجوم حول الأرض فهي حركة ظاهرية يمكن تفسيرها بدوران الأرض حول محورها مرة كل يوم ، وذلك الدوران يفسر أيضا الحركة الظاهرية اليومية للشمس والكواكب حول الأرض .

وحين توصل « كوبرنيكوس » إلى هذه النتائج الخطيرة كان قد بلغ سن الأربعين ، وظل محتفظا باكتشافاته خوفاً من غضب رجال الدين ، ولم يبيع بها إلا لفئة قليلة من أخلص أصدقائه المقربين . وقبيل وفاته قرّر أن يعلن كتاباته ، وخاصة بعد إلحاح

شديد من أصدقائه ، فظهر كتابه عام ١٥٤٣ أى فى العام الذى مات فيه .

ولم تدرك سلطات الكنيسة أهمية هذا الكتاب لأول وهلة ، إذ كان مكتوباً بأسلوب يمزج فهمه على رجال الدين . وهكذا قرأه الكثيرون وانتشرت النظرية الجديدة فى خفاء فى أنحاء أوروبا . ولكن حين عرف رجال الكنيسة مغزى هذه النظرية بدأوا يحاربونها ، إذ كانت تتعارض مع تعاليمهم بأن الأرض مركز الكون ، وأن الشمس والقمر والنجوم وجدت خصيصاً من أجل الإنسان ولكن كانت جذور النظرية الجديدة قد بدأت تنفذ إلى الأعماق .

برونو : ولد «جوردانو برونو» عام ١٥٤٨ فى إحدى مدن إيطاليا ، ولما كان يتيماً فقد نشأ فى أحد الأديرة وتلقى تعليماً دينياً تحت إشراف الدومينيكان أقوى طائفة رهبانية فى ذلك الوقت . ولما أظهر تفوقاً ونبوغاً ضموه إلى طائفتهم ثم ما لبثوا أن نصبوه قسيساً .

و ذات يوم حين كان ينقب فى أرفف الكتب فى البير ، عثر على كتاب كادت الجرذان أن تمزقه . . . وهو كتاب «كوبرنيكوس» عن حركات الأجرام السماوية . وقام بدراسة

سراً في صومعته ، فأدهشه وضوح النظرية الجديدة وبساطتها ، فلم يتالك نفسه من الحديث عن إعجابه إلى أحد. الرهبان الذي أبلغ الأمر إلى رؤساء الطائفة ، وهدده هؤلاء بأشد العقاب ، فاضطر إلى الهرب من وطنه عبر الجبال إلى سويسرا .

وأخذ ينشر تعاليم « كوبرنيكوس » بعد أن درسها جيداً وقام بتطويرها إلى ما هو أفضل . ومن بين استحداثاته أن الشمس أيضاً تدور حول محورها كالأرض وهو ما ثبتت صحته بعد عدة قرون ، كما أعلن وجود كواكب كثيرة حول الشمس . وبعد وفاة برونو تم اكتشاف الكواكب يورانوس ثم نبتون وبلوتو وأخيراً آلاف الكويكبات الصغيرة .

ومن الجديد أيضاً أنه أعلن أن كل نجم ما هو إلا شمس تضارع شمسا ، ويدور حوله عدد من الكواكب التي لا يمكننا رؤيتها بسبب بعدها الشاسع . فكل نجم إذن مركز لمجموعة شمسية كمجموعتنا ، وعدد هذه المجموعات لا نهائي . أما أكثر أفكاره جرأة فهي أن هذه المجموعات تتغير باستمرار وأنها ذات بداية ونهاية ، بينما كان القساوسة والرهبان يعلنون أن الكون دائم لا يتغير ولا ينتهي .

و نتيجة لذلك اعتبرته الكنيسة عدوها الأول ، وحرضت

السلطات في سويسرا على طرده من البلاد ، ثم ظلت تطارده في كل مكان يحل به . ومن ناحية أخرى كان تجواله المستمر عاملاً هاماً ساعده على نشر تعاليمه وآرائه في بقعة شاسعة من أوروبا .

و ذات يوم أرسل أحد أغنياء إيطاليا إليه رسالة أبدى فيها إعجابه بكتب « برونو » وعرض عليه أن يصبح تلميذه يتلقى العلم على يديه كما أغراء بمكافأة يسيل لها اللعاب . ولما كان في عودته إلى إيطاليا خطر ماحق ، فقد أكد له النزي الإيطالي أنه بنفوده سيحميه من كل أعدائه .. وهكذا وقع « برونو » في الفخ ، وتم القبض عليه وإيداعه السجن حيث قضى ثمانى سنوات .

وكانت الكنيسة تعلم تماماً المنزلة التي وصل إليها « برونو » في أوروبا ، ولذلك استبدلت الإعدام بالسجن على أمل أن تستطيع إرضاه على تغيير آرائه فيكون في ذلك أكبر نصر لها . ولما وجد رجال الكنيسة أن التهديد والتعذيب المستمر لم يشمرا معه ، قرروا إعدامه حرقاً وتم ذلك في روما عام ١٦٠٠ ، ولكن بعد ٢٨٩ عاماً من ذلك التاريخ أقيم له تمثال في نفس الميدان الذي أحرق فيه .

المنظار الفلكي

المنظار الفلكي نافذة السماء على مصراعها أمام **فتح** الفلكيين ، فبعد أن كانت دراساتهم للأجرام السماوية محدودة بالعين المجردة ، جاءت تلك الآلة السحرية لتكشف لهم عن تفاصيل الأجرام القريبة وتظهر لهم ما كان بعيداً أو خافياً .

وقصة اختراع المنظار غير معروفة على وجه التحديد ، ولكن الشيء المؤكد أن الناس منذ عهد بعيد كانوا يستخدمون النظارات الطبية أو العدسات للتغلب على قصر النظر أو طوله وتحكى إحدى الروايات أن رجلاً كان يقوم بصنع نوعين من العدسات ، إحداها محدب « أى منبعج إلى الخارج » والآخر مقعر « إلى الداخل » وفي يوم أخذ ابنه يلعب بعدستين منهما ، يضع إحداها أمام عينه ثم يضع الأخرى ثم يضعهما معاً ويحركهما إلى أن تصادف في أحد الأوضاع أن شاهد أحد المباني البعيدة كأنها قد انتقل فجأة إلى مسافة قريبة ، ولما أنبا والده بما حدث عمد هذا إلى وضع العدستين داخل أنبوبة طويلة وبذلك صنع أول منظار في التاريخ .

هذه هي القصة كما ترويها بعض المصادر ، ولكن الأمر الذي يهنا في هذا الشأن هو أن أول منظر ظهر في أوروبا عام ١٦٠٥ وأن أول رجل وجه هذا المنظر نحو السماء هو « جاليليو جاليلي » عالم الفلك الإيطالي ، وفي تلك اللحظة بدأ السكون يكشف أسرارها ، كما ثبت صحة نظام كوبرنيكوس وبرونو .

ولد « جاليليو » في ١٨ فبراير ١٥٦٤ وألحقه والده بالجامعة في سن السابعة عشرة لدراسة الطب ولكنه افتتن بالعلوم الرياضية والطبيعية . وكانت أبحاثه المتنوعة في الرياضيات عاملاً ساعداً على تعيينه أستاذاً للرياضة والفلك في نفس الجامعة بمرتب يوازي خمسين قرشا في الأسبوع ١١

وهكذا ، عاصر « جاليليو » العالمين « كوبرنيكوس » و « برونو » ودرس آراءها المتطورة في شكل السماء . ولما تم اختراع المنظار في هولندا كان أول من استخدمه لدراسة الأجرام السماوية ، فشاهد ما أكد لديه صحة هذه النظريات . . . شاهد القمر فوجده عالماً آخر شبيهاً بالأرض في جبالها ووديانها وسهولها ، كما رأى الزهرة في شكل هلال شبيه بأوجه القمر . ولكن أكثر الأرصاد إثارة هو رصد كوكب المشتري عام

١٦١٠ حيث ظهر له على هيئة قرص تحيط به أربع نقط صغيرة مضيئة . وبمطابقة الأرصاد ليلية بعد أخرى ، رأى أن النقط الأربع تصاحب الكوكب في حركته في السماء وفي نفس الوقت تدور حوله . وبذلك ثبت لديه أن هنالك عالماً ثالثاً هو المشتري يدور حوله أربعة أقار على الأقل .

أحدث ذلك الاكتشاف ضجة في دنيا العلوم ، وقوبل بمعارضة شديدة من الكثيرين من رجال العلم والدين . وبما يتذكر عن أحد الأساقفة قوله في هذا الصدد :

« إن الأسبوع يحتوي على سبعة أيام ، وفي رأس كل رجل سبع فتحات هي العينان والأذنان وفتحتا الأتف وفتحة الفم ، وفي السماء سبعة كواكب هي القمر والمريخ والمشتري وعطارد والزهرة والشمس وزحل — فاكشاف « جاليليو » لأربعة كواكب أخرى أمر مستحيل » .

ولم يسكت « جاليليو » بعد هذه الاكتشافات ، بل ألف كتاباً أيد فيه نظام « كوبرنيكوس » . . . ولكن في شئ من الحذر . ومع ذلك أحس رجال الكنيسة بالقلق ، فاصدر البابا مرسوماً ينذر فيه بأشد العقوبات لمن يطبع أو يملك أو يقرأ أى كتاب فيه تأييد لنظرية « كوبرنيكوس » .

وفي عام ١٦٣٢ نشر كتابا آخر أيد فيه النظرية ، فاثار ذلك غضب رجال الكنيسة الذين أرسلوه إلى روما لمحاكمته ، وتحت تأثير التهديد بالعذيب تراجع « جاليليو » عن تأييد « كوبرنيكوس » وأعلن ذلك أمام جمهرة كبيرة في الكنيسة . ولكن ذلك لم يخلصه من قبضة رجال الدين ، فقد ظل سجيناً لا يتحدث إلى أحد عن آرائه الفلكية حتى توفي في ٨ يناير ١٦٤٢ .

واسم التلسكوب مشتق من كلمتين اغريقيتين معناها « يرى بعيداً » ، لأن هذا الجهاز يساعد المرء على رؤية الأشياء البعيدة التي لا يمكن تمييزها بالعين المجردة / وكما ذكرنا ، كان « جاليليو » أول من وجه المنظار إلى الكواكب والنجوم ، فانه حين كان في مدينة البندقية عام ١٦٠٨ أو ١٦٠٩ نعى إلى علمه نبا ما اكتشفه صانع العدسات الهولندي « أوابنه » فاشترى عدستين إحداها محدبة والأخرى مقعرة وصنع لنفسه منظارا صغيرا مبسط التركيب بثبيت العدستين داخل أنبوبة لتستقبل إحداها ضوء الكوكب وتقوم الأخرى بمهمة التكبير . ولم يلبث أن صنع منظارين آخرين زادت قوة التكبير في كل منهما عن المنظار السابق له ، فكانت في الأول ثلاثة وفي الثاني ثمانية وفي الثالث اثنتان وعشرون .

وما لبثت التحسينات والتطويرات في أجزاء المنظار وشكله أن توالى ، وفي كل مرة تتغلغل في الفضاء مسافة أبعد ويظهر لنا المزيد من التفاصيل . وكان أول من قام بالتطوير هو الفلكي « كريستوف شير » عام ١٦٣٠ ، إذ استخدم عدستين مقعرتين فأدى ذلك إلى اتساع رقعة السماء التي تظهر خلال المنظار ، وبعد مرور حوالى ربع قرن صار ذلك النوع شائع الاستعمال .

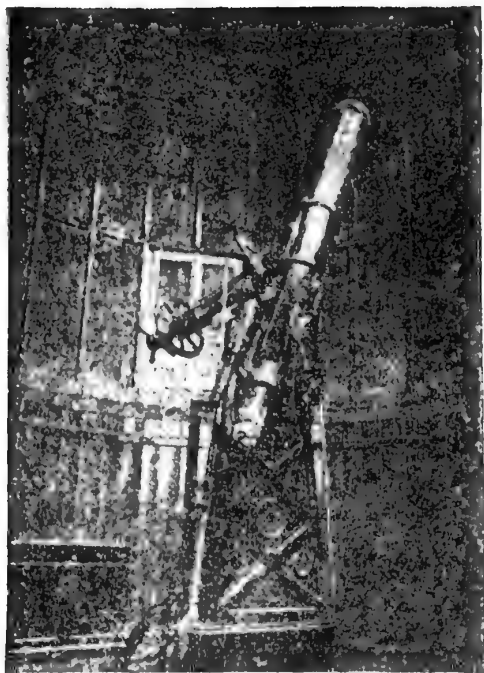
والمناظير التي تستخدم فيها العدسات تسمى مناظير كاسرة لأن الضوء يمر خلال العدسة بعد أن ينحرف قليلا « أوينكسر » والصعوبة التي جابهت الفلكيين في هذا النوع هو عدم وضوح الصورة وانتشار ألوان الطيف فيها . وشمر الفلكيون عن سواعدهم للتخلص من تلك العيوب ، حتى كان عام ١٧٣٣ حين تمكن العالم الإنجليزي « تشارلز مور هول » من الوصول إلى الهدف عن طريق استخدام عدسات من مواد مختلفة ، وبعد ذلك بقليل تمكن « جون دولاند » من التغلب نهائيا على تلك الصعوبات فاستبدل إحدى العدسات بعدستين إحداها محدبة والأخرى مقعرة كما جعلهما من عنصرين مختلفين .

وأخذ قطر العدسة الأمامية « الشيئية » أى الموجهة نحو الشيء المراد دراسته » يزداد حتى وصل إلى حوالى متر عام ١٨٩٥

عندما صنع منظار كاسر هذا الحجم في الولايات المتحدة الأمريكية وما زال حتى الآن أكبر منظار من نوعه في العالم . ومن الوجهة النظرية تبلغ قوة تكبيره أربعة آلاف مرة ، لكن الغلاف الجوي وعوامل أخرى تحد من هذه القوة فلا يزيد عن ألف مرة . وفي عام ١٦٦٦ بحث « اسحاق نيوتن » أسباب عدم وضوح الصورة في المنظار الكاسر وانتشار الألوان فيها ، ولما عرف أن الضوء الأبيض عندما يمر خلال العدسة تنحرف مختلف الألوان فيه بزوايا مختلفة مما يتسبب عنه انفصال الألوان في الصورة (١) الناتجة فقد يئس من التخلص من ذلك العيب ولذلك وجه عنايته إلى صنع منظار عاكس تستخدم فيه المرايا أو الأسطح العاكسة بدلا من العدسات ، ونجح في صنع منظار ذي مرآة من المعدن قطرهابوصة واحدة فقط ومع ذلك اختصرت مسافات المراتبات البعيدة تسعا وثلاثين مرة .

واستمر استخدام المعادن في صنع المرآة حوالى مائتي عام بعد نيوتن ، ولكن حجم المرآة ذاتها أخذ يتزايد بعد كل تجربة

(١) ضع قطعة من البلور في ضوء الشمس مثلا ، تجده أنها تحلله إلى قوس من الألوان الجميلة كقوس قزح ، يبدأ باللون البنفسجي بجواره النيلي ثم الأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالي وأخيرا اللون الأحمر .



(شكل ٦) منظار كاسر صغير

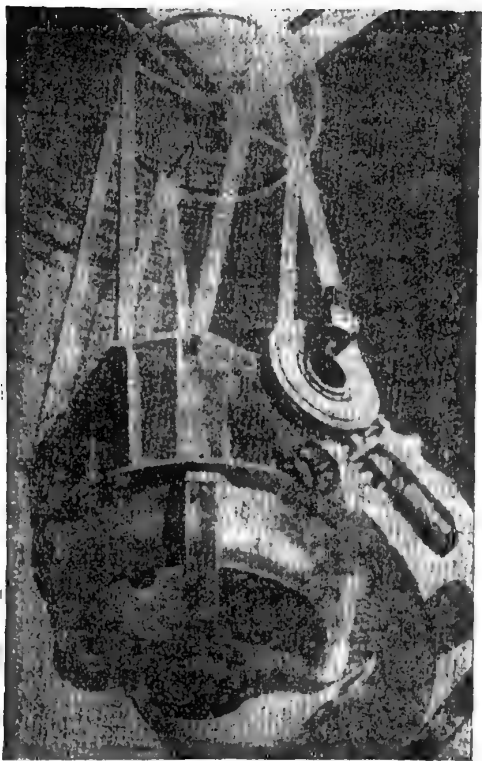
(الشبكية عدسة في الطرف العلوى من الأنبوبة وقطرها عشر بوصات ، والعدسة في الطرف السفلى . أما الأنبوبة الصغيرة فهي منظار آخر يستخدم كمؤشر لتوجيه المنظار الأصيل نحو الجسم المراد دراسته) .

وكان في مقدمة المجتهدين في هذا المضمار « السير ويليام هرشل »
« واللورد روس » . العالم الأيرلندي . وفي الأزمئة الحديثة
استخدمت أقراص الزجاج بعد تشكيلها في الهيئة المطلوبة ثم
صقلها وتغطيتها بطبقة مفضضة ، أما في الوقت الحاضر فقد
استمض عن ذلك بطلائها بالألومنيوم لأنه يبقى فترة طويلة دون
أن يفقد قدرته العاكسة .

ويجدر بنا في هذا المجال أن نروى قصة أكبر منظار عاكس
في العالم وهو الموجود في « مونت بالومار » بالولايات المتحدة
الأمريكية ويبلغ قطر مرآته مائتي بوصة أى حوالى خمسة أمتار ،
فإن تاريخ هذا المنظار وكفاح « جورج هيل » لإقامته جديرة
بأن تستوعبها الأجيال الطموحة .

ولد « هيل » في شيكاغو في ٢٩ يونيو عام ١٨٦٨ ، والتحق
بأ كاديمية « آلن » ، وكان يسبق المصور الشهير « بيرتون هولمز » .
بعامين في الأكاديمية ولكن جمعت بينهما هواية واحدة هي
... الألعاب السحرية . وفي هذا الصدد كتب هولمز في مذكراته
بعد ذلك بمحوالى ستين عاما يقول :

« كنت أنا وهيل نمتلك مجموعة من الآلات والمعدات للقيام
بالجلب والحدد التي أثارت إعجاب العائلة والأصدقاء ، وكان



(شكل ٧) منظار فاكس قطر مرآته ٥٧ بوصة (هنا المرآة الرئيسية موجودة في الجزء الأسفل وهذه تتركس الضوء الى مرآة أخرى ثانوية صغيرة في أعلى المنظار ، ثم يتركس الضوء مرة ثانية الى أسفل ليتسرى رؤيته خلال العينية الظاهرة في جانب المنظار)

«هيل» يمتاز بالذكاء... إذ غالباً ما كان يخدعنى بالحيل القديمة فى ثوب جديد ، ولذلك كنت أحلم بمستقبل باسم على المسرح للثنائى — هيل وهولمز... فتبان السحر — ولكن ما لبث «هيل» أن انغمس فى العلم ، بينما اشتريت أنا آلة تصوير وهكذا تبدد حلم المسرح .

وفى عام ١٨٨٦ سافر «هيل» و «هولمز» مع عائلتهما إلى أوروبا على نفس الباخرة . وفى مدينة لندن ذهب الاثنان إلى المتجر الذى كانا يطلبان منه معدات السحر ، حيث اشترى «هولمز» بما قيمته خمسة جنيهات من المعدات الجديدة... أما «هيل» فلم يأخذ شيئاً ، بل ذهب إلى متجر آخر حيث أنفق أربعين جنيهاً فى أجهزة علمية من بينها جهاز للطيف .

والتحق «هيل» بمؤسسة ماساشوستس للتكنولوجيا بغية دراسة الهندسة ، وفى خلال فترة الدراسة تطوع كساعد فى مرصد هارفارد ووضع فكرة جهاز اسمه المطياف الشمسى لتصوير ضوء الشمس الناتج من عنصر كيميائى واحد فى كل مرة ونجح فى صنعه عام ١٨٩١ بعد حصوله على شهادة الهندسة .

وبمساعدة أبيه ، تمكن من بناء مرصد فى الفناء الخلفى من بيت العائلة بمدينة شيكاغو وأطلق عليه اسم «مرصد كينوود» ،

زوده بمنظار كاسر قطر عدسته اثنتى عشرة بوصة . واستخدم هذا المنظار مع المطياف الذى صممه لتصوير نافورات الذهب على سطح الشمس . . . تلك الألسنة التى تندلع إلى ارتفاعات تبلغ مئات الآلاف من الأميال .

وبعد أن درس فى أوروبا لمدة عام ، عين فى جامعة شيكاغو وهو فى الرابعة والعشرين ، وكان قد زار مرصد « ليك » بكاليفورنيا حيث أعجب بالمنظار الموجود هناك والذى قطر عدسته ٣٦ بوصة وتبنى أن يمتلك جامعة شيكاغو مثيلا له ، وما لبثت أحلامه أن تحققت حين علم أن لدى مصانع « ألفان كلارك وأولاده » — وهى المصانع التى شكلت عدسة مرصد ليك وصقلتها — قرصين من الزجاج الجيد قطرها حوالى متر أو اثنتان وأربعون بوصة . واشترك « هيل » مع مدير جامعة شيكاغو فى اقتناع « تشارلز يركز » أحد رجال الأعمال بشيكاغو لشراء القرصين وصنع أكبر منظار كاسر فى العالم ، ووافق رجل الأعمال على تمويل المشروع نتيجة لتحمس « هيل » .

واختير موقع لاقامة المرصد الجديد على بعد ثمانين ميلا من مدينة شيكاغو يمتاز بخلوه من الدخان والغبار وأضواء المدن الكبيرة وسهولة مواصلاته إلى الجامعة فى المدينة . وتم تركيب

المنظار الكبير وافتتاحه أثناء معرض شيكاغو الدولي عام ١٨٩٣ وما زال حتى الآن أكبر منظار كاسر في العالم ، يبلغ وزنه عشرين طناً وطول أنبوتيه عشرين متراً ، وأطلق على ذلك المرصد اسم بموله « مرصد يركز » وما لبث « هيل » أن أصبح مديراً له .

وفي ٢٨ يناير عام ١٩٠٢ تبرع « أندرو كارنيجي » بمشقة ملايين من الدولارات لتأسيس معهد في واشنطن مهمته تشجيع الأبحاث والاكتشافات في أوسع نطاق وبكل حرية ، وتطبيق العلم في خدمة البشرية . وتشكلت للمعهد لجنة استشارية للتواحي الفلكية المختلفة وكان « هيل » أحد أعضائها . واقتضى أحد المشروعات التي أوصت بها اللجنة إنشاء محطة في مكان مرتفع لرصد الاشعاعات الشمسية واختير لذلك موقع « مونت ويلسون » في جنوب كاليفورنيا بعد أن قضى « هيل » عامي ١٩٠٣ ، ١٩٠٤ في دراسة صلاحية المكان . وفي أبريل ١٩٠٤ خصص معهد « كارنيجي » عشرة آلاف من الدولارات لبناء المحطة بينما تبرع مرصد « يركز » بالمنظار المطلوب وأخذت جامعة شيكاغو على طاقها دفع مرتبات بعض الراصدين ، واضطر « هيل » إلى التخلي عن إدارة مرصد « يركز » وأصبح أول

مدير المرصد الشمسى فى « مونت ويلسون » عام ١٩٠٤ .
وفى عام ١٨٩٦ كان والد « هيل » قد اشترى قرصا من
الزجاج من فرنسا قطره ستون بوصة وأهداه إلى المرصد الشمسى
فى كاليفورنيا وتطوع معهد « كارنيجى » بشكاييف التركيب وإقامة
النبية الحاوية للمنظار ومع ذلك لم يتم تشكيل المرآة قبل عام ١٩٠٧
نظرا لبعض الصعوبات التى عطلت المشروع . فى إحدى المرات
أضرب عمال المصنع لفترة طويلة ، كما أن المصنع نفسه أصيب بأضرار
جسيمة أثناء زلزال سان فرانسيسكو الشهير عام ١٩٠٦ وأخيرا
تم تركيب المنظار الجديد فى « مونت ويلسون » بعد توسيع
الممر الجلى ليناسب ثقل الأجزاء الكبيرة للمنظار ، وظل هذا
أكبر منظار ماكس فى العالم مدى عشر سنوات .

وحتى قبل أن يتم تركيب هذا المنظار كان « هيل » يضع
مشروعا لمنظار أكبر منه ، وفى عام ١٩٠٦ تمكن من إقناع رجل
الأعمال الأمريكى « جون هوكر » من « لوس أنجلوس »
بصنع منظار قطر مرآة مائة بوصة وتمكن من الحصول منه على
٤٥ ألف دولار لشراء القرص الزجاجى والشكاييف الأخرى
الخاصة بالمرآة . وكان ذلك يشمل إقامة المبانى التى يجرى
بداخلها تشكيل القرص واختباره بما فى ذلك شراء آلة

التشكيل الضخمة وقرص زجاجي قطره ٥٤ بوصة لأعمال الاختبار .

وقام أحد المصانع الفرنسية بصب قرص زقته أربعة أطنان ونصف طن ، ولكن المشكلة التي صادفت « هيل » بعد ذلك هي الحصول على نصف مليون دولار لأعمال التركيب وبناء المرصد فقام بدعوة « أندرو كارنيجي » لزيارة المرصد عام ١٩١٠ حيث أثار اهتمامه بالمشروع . وبينما كان في زيارة لمصر عام ١٩١١ علم أن « كارنيجي » ضاعف تبرعه للمعهد بعشرة ملايين أخرى مصحوبا بخطاب إلى مجلس الإدارة يوصى فيه بسرعة إتمام مشروع « مونت ويلسون » .

وبدأ العمل بقطيع من البغال لنقل أجزاء المنظار مسافة تسعة كيلومترات فوق الجبل ، ثم استبدل ذلك بسيارتي نقل كبيرتين وبذلك تم وضع قاعدة المنظار عام ١٩١٣ في بضعة أشهر . وتوقف العمل بسبب نشوب الحرب العالمية الأولى وتحويل المصانع إلى الأغراض الحربية ، كما استدعى « هيل » عام ١٩١٦ لتنظيم مجلس الأبحاث القومي التابع لأكاديمية العلوم .

وكان « هيل » قد أصيب بمرض عام ١٩١٠. ظلت آلامه

تراوده بين حين وآخر ، ثم اشتد المرض عام ١٩٢٣ فاضطر إلى التخلي عن إدارة مرصد « مونت ويلسون » بعد أن تم تركيب المنظار بخمس سنوات تقريباً . ويبلغ طول أنبوبة المنظار ثلاثة عشر متراً وقطرها أربعة أمتار ، أما وزن الجزء المتحرك فهو مائة طن ! ! ووزن القبة ستمائة طن وقطرها ثلاثون متراً .

وحين تبينت أهمية هذا المنظار في الأرصاد الفلكية لدراسة النجوم عوضاً عن الشمس ، اضطر « هيل » إلى الاهتمام بالشمس من ناحية أخرى ، فأقام برجين لدراسة الشمس أحدهما ارتفاعه عشرون متراً والثاني خمسون متراً فوق سطح الأرض بينما يمتد أسفله بئر عمقها خمسة وعشرون متراً تحتوى على جهاز للطيف .

وحين تخلى « هيل » عن إدارة المرصد لم يترك الفلك كلية بل أخذ يضع المشروعات لإقامة منظار أكبر ، وفي عام ١٩٢٨ أرسل خطاباً إلى مجلس إدارة التعليم القومي بمؤسسة « روكفلر » يطلب فيه تمويل المشروع . وبعد اجتماع مع رئيس المجلس تقرر رصد مبلغ ستة ملايين من الدولارات إلى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا لإقامة منظار ماثي بوسة . ووافق المعهد على

الإشراف وعلى تمويل مصاريف تشغيل المرصد الجديد بعد الانتهاء من إقامته .

واقضت أكثر من خمس سنوات في اختيار الموقع المناسب في جنوب كاليفورنيا وفي ولاية أريزونا وأخيراً تم اختيار « مونت بالومار » لهذا الغرض بسبب عدد من العوامل المميزة له مثل الأحوال الجوية وسهولة مواصلاته وبعده الكافي عن أضواء المدن الكبرى وارتفاعه الذي يبلغ ١٨٠٠ متر فوق سطح البحر .

وفي عام ١٩٣٤ تم صب قرص من الزجاج قطره مائتا بوصة بعد عدة محاولات وصعوبات أمكن التغلب عليها ، وأخيراً وصلت المرأة التي تزن عشرين طناً إلى مدينة « پاسادينا » في سفح الجبل في إبريل ١٩٣٦ حيث بدأ العمل في تشكيلها وصقلها وانهى في أكتوبر ١٩٤٧ بعد أن قصت خمسة أطنان ونصف طن في هذه العملية ، وكان العمل قد توقف تماماً مدة أربع سنوات خلال الحرب العالمية الثانية .

وفيما يلي بعض المعلومات المثيرة عن هذا المنظار الذي يعتبر أكبر منظار في وقتنا الحالى . فالمرأة قطرها مائتا بوصة ومحكمها عند الحافة أربع وعشرون بوصة وفي المنتصف عشرون

ونصف بوصة ، أما وزنها بعد التشكيل فهو أربعة عشر طناً ونصف طن وقطر الأنبوبة التي تحمل المرأة سبعة أمتار وطولها ثمانية عشر متراً ، ويمكن تحريك المنظار حركتين إحداها سريعة نحتاج إلى «موتور» قوته حصانان فقط والأخرى بطيئة نحتاج إلى قوة قدرها $\frac{1}{4}$ من الحصان ، ويبلغ وزن هذا المنظار خمسمائة طن. أما القبة فقطرها ستة وأربعون متراً ووزنها ألف طن ويمكن تحريكها في أى اتجاه لتواجه فتحتها منطقة السماء المراد دراستها . وهكذا انقضت عشرون عاماً بين بدء العمل فى المشروع عام ١٩٢٨ وبين الانتهاء منه عام ١٩٤٨ . وكان « هيل » قد توفى عام ١٩٣٨ بعد أن اطمأن إلى حسن سير العمل لإقامة أكبر منظار عاكس فى العالم وفى حفل الافتتاح أعلن إطلاق اسم « منظار هيل » على منظار « مونت بالومار » ، كما أقيمت لوحة تذكارية باسم الرجل المناضل الذى لم يعرف اليأس إلى قلبه . ببيلبا حتى بعد أن اشتدت عليه وطأة المرض .

نرى من ذلك كيف تطور المنظار الفلكي من عهد جاليليو عام ١٦١٠ إلى عام ١٨٩٥ ؛ من منظار كاسر ذى عدسة صغيرة لا تتعدى بضع بوصات إلى منظار كاسر قطر عدسته أربعون بوصة ، وكيف أمكن صنع نوع آخر عاكس تستخدم فيه

المرآيا بدأه نيوتن بقرص قطره بوصة واحدة ثم أصبح عام ١٩٤٨ مائتي بوصة .

ويوجد في الوقت الحاضر من هذين النوعين مئات المناظير متباينة الأحجام ، بعضها يمتلكه الهواة ليستمتعوا بمشاهدة غرائب السماء ومراقبة الظواهر الكونية التي تحدث بين حين وآخر . . . وغالبا ما تكون مناظيرهم من الحجم الصغير . أما بقية المناظير فهي موزعة في أنحاء لعالم بين المراسد المختلفة والجامعات ، بعضها يستخدم في أغراض التدريس والآخر في الأبحاث على مختلف المستويات . وكما ذكرنا ، يوجد أكبر منظار كاسر قطر عدسته أربعون بوصة في « مرصد مركز » التابع لجامعة شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية وفيها أيضا يوجد أكبر منظار عاكس قطر مرآته مائتا بوصة في « مونت بالومار » بكاليفورنيا .

وجدير بالذكر في هذا المجال أن الجمهورية العربية المتحدة قامت منذ وقت قريب بشراء منظار فلكي عاكس قطر مرآته أربع وسبعون بوصة وهو خامس منظار في ترتيب الحجم في العالم ، أما الأربعة الكبرى فهي في أمريكا . . . مائتا بوصة ، مائة بوصة في جنوب كاليفورنيا بالقرب من هوليوود ، ١٢٠ بوصة في

« مرصد ليك » بشمال كاليفورنيا ، ٨٢ بوصة في « مرصد
ماكدونالد » بولاية تكساس .

وإقامة منظار حاكس كبير ليس أمرا سهلا كما يبدو لأول
وهلة ، فرآته ليست مستوية السطح بل يجرى « دحك » سطحها
بمواد خاصة لإعطائه شيئا من الانحناء نحو الداخل على أن يكون
الانحناء تدريجيا حتى يبلغ أقصاه عن نقطة الوسط كما يجب أن
يكون « النزول » من الحافة إلى الوسط في جميع الأماكن
متماثلا وبهيئة معينة حتى تؤدي الغرض المطلوب . وممك المرأة
يجب أن يكون مناسباً ، فلا هو رقيق إلى درجة أن يصيبه
الضغط بأضرار ولا هو سميك إلى درجة أن وزنه يصبح عبثا
ثقيلا على الأنبوبة الحاملة لها وعلى « الموتور » المحرك للمنظار .
وقبل هذه الخطوة نجد عملية صب قرص الزجاج غير هينة ،
لأن يجب أن يكون القرص خاليا من الشوائب والفقايع والشدوخ
قدر الإمكان ، كما يجب تبريد الزجاج تدريجيا لفترة طويلة
قد تصل إلى بضعة أشهر . أما بعد تشكيل القرص فيطلى سطحه
بطبقة حاكسة يراعى أن تكون متجانسة سواء في السمك
أو في درجة اللسان . فإذا ما أقيم المنظار في مكان صحراوي
مترب ، روعى في القبة أن تكون محكمة كما يضاف إليها

الاحتياطات الكافية لامتناع الأتربة قبل أن تنفذ منها وتصل إلى المرأة لتخدش سطحها العاكس وتحد من فائدته .

وتشغيل منظار كبير هي مهمة ضخمة تحتاج إلى طاقم كبير من الفلكيين ومعاونيهم ، فليس الأمر مجرد النظر إلى الأجرام السماوية أو مراقبة حركاتها كما كان في العصور الغابرة ، بل تطورت الأرصاد إلى صور أو أطياف أو تسجيلات تستغرق حقا ساعات قلائل ولكن تحليلها واستخلاص النتائج منها يتطلب غالبا بضعة أسابيع من القياسات والحسابات .

وقبل أن ننتقل إلى أنواع جديدة من المناظير ، نود أن نشير إلى نوع كاسر « ذى عدسات » له حركة خاصة لا تنفعل منطقة واسعة من السماء كما هو الحال في المناظير العادية . والنظرية المبني عليها هذا هي نفس النظرية التي استخدمها علماء اليونان والعرب والتي أشرنا إليها في حينها ، من بناء حائط في اتجاه الشمال والجنوب ثم يرسم على سطحها ربع دائرة مقسمة إلى درجات ويثبت في مركز الدائرة مؤشر متحرك يمكن بواسطته تحديد اتجاه الجسم السماوي فتكون الدرجة التي يشير إليها هي موقع النجم أو الكوكب .

والمنظار الزوالى هو التطوير الحديث لتلك الآلة ، إذ يستعاض



(شکل ۸) منظر زوایی

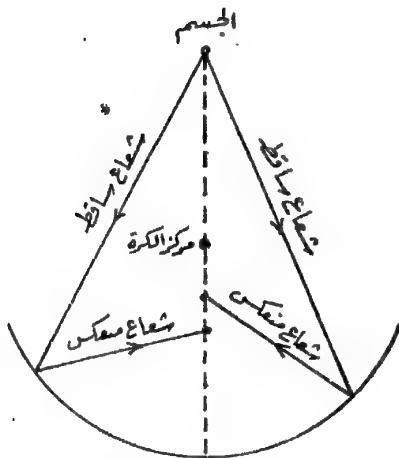
عن المؤشر بمنظار كاسر صغير يدور حول محور عمودى عليه
مرتكز على حاملين أحدهما ناحية الشرق والآخر جهة الغرب
فتكون حركة المنظار دائماً فى المستوى المار بالشمال والجنوب .
وبذلك يقوم المنظار برصد الأجرام السماوية عند عبورها
مستوى الزوال المار بالشمال والجنوب ولذا سمى بالمنظار الزوالى .
وبطبيعة الحال زادت دقة الأرصاد ، كما أمكن رصد
نجوم يصعب رؤيتها بالعين المجردة ، كما استخدمت وسائل جديدة
لتسجيل لحظة العبور عن طريق توصيل كل من المنظار وساعة
كهربائية أو أكثر بمؤشر يتحرك على قطعة من الورق ليرسم
عليها دقات ثوانى الساعة وعبور النجم فيمكن قياس موعد هذا
العبور إلى أجزاء من الثانية .

والمهمة الرئيسية لهذا المنظار هو تعيين الوقت بدقة لضبط
الساعات فى جميع أنحاء العالم وهى مسألة حيوية بالنسبة لعمال الفلك
تساعد على تشغيل المناظير الأخرى وتوجيهها بدقة إلى النجوم
الخافتة التى لا ترى بالعين وإن كانت مواقعها فى السماء معلومة فى أى
وقت . وربانة السفن فى عرض البحار والمحيطات يحتاجون إلى
ساعات مضبوطة لأنهم يعتمدون عليها فى تحديد موقع السفينة
فلا تغفل عن طريقها .

مناظير هيدرية

ان أبسط أنواع المرايا العاكسة هو ما يكون على هيئة جزء من سطح كرة ، وفي هذا النوع تكون جميع الخطوط الخارجة من مركز الكرة عمودية على المرآة ، فإذا وضعنا جسما في ذلك المركز فإن الأشعة الخارجة منه لتسقط على المرآة تنعكس عائدة من نفس المسار لتكون صورة للجسم في المركز نفسه . لكن في جميع الأغراض العلمية يكون المطلوب تكوين صورة في مكان آخر غير المكان الموجود به الجسم حتى يمكن دراستها بوضوح . فإذا ما وضعنا الجسم بعيدا عن المركز نتج عن ذلك صورة غير واضحة المعالم لأن الأشعة المختلفة الخارجة من الجسم إلى المرآة لا تنعكس إلى مكان واحد ولذلك نحتاج إلى مرآة على هيئة أخرى غير الكروية ، وأنسب شكل لذلك ما يكون جزءا من قطع ناقص (إهليلجى) أو يضاوى .

وفي الأعمال الفلكية يدرس العلماء أجساما على أبعاد كبيرة جدا من المرآة ، وفي هذه الحالة نحتاج إلى مرآة شكلها كجزء من

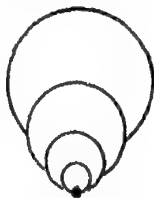


مرآة كروية

(شكل ٩)

: قطع مكافئ ، وحتى في هذه الحالة لانحصل على صورة جيدة
نتيجة للأسباب التالية :

الأشعة المنبعثة من أى جسم بعيد جداً تصل إلى المرأة
متوازية . ولو أننا غطينا سطح المرأة بكلمه فيها عدا المنطقة
الوسطى الصغيرة لوجدنا صورة النجم البعيد على هيئة نقطة واضحة .
فإذا ما حجبتنا منطقة الوسط والمناطق الخارجية وتركنا حلقة
ضيقة قرئية من الوسط لوجدنا صورة أكبر قليلا من السابقة ،
كلما ابتعدت الحلقة الضيقة المكشوفة عن الوسط شيئا فشيئا أخذ
حجم صورة النجم يتزايد تدريجيا . ومعنى ذلك أننا إذا كشفنا
المرأة بكلمها فإنها تعطى صورة للنجم على هيئة حلقات متداخلة .



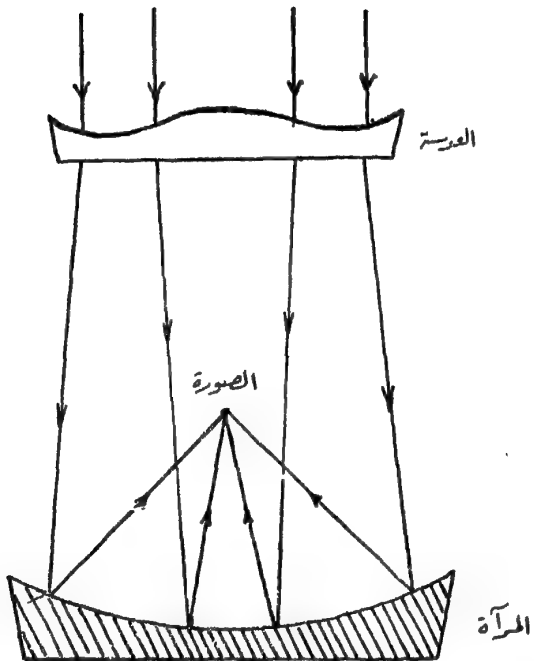
صورة النجم

(شكل ١٠)

والتغلب على تلك الصعوبات بذلت عدة محاولات لتحسين صور
النجوم ، وكانت أنجح هذه المحاولات ما قام به المهندس الفلكي
(برنارد شميدت) .

ولد (شميدت) عام ١٨٧٩ في إحدى جزائر إستونيا وقال
شهادة الهندسة ثم تخصص في البصريات كما تطوع للعمل في مرصد
(هامبورج) . وفي عام ١٩٠٠ بدأ يصنع مرايا المناظير الفلكية
وبخاصة للهواة . وذات يوم أبدى مدير مرصد هامبورج رغبته
في الحصول على منظار عاكس من حجم معين ، وهو حجم
تزداد فيه صورة النجوم سوءا . وكان المطلوب من « شميدت »
أن يجد وسيلة للتخلص من ذلك العيب .

وفكر « شميدت » في أنثا لو تركنا جميع الأشعة المتوازية
الآتية من جسم بعيد تسقط على المرآة فإنها تنعكس لتقاطع
— كما شرحنا سابقا — في نقط مختلفة ينتج عنها صورة أبعد
ما تكون عن تمثيل الحقيقة . فالطريقة الوحيدة إذن لإزالة هذه
الشوائب هي بتغيير مسار كل شعاع قبل أن يلتقي بالمرآة بحيث
تنعكس الأشعة كلها لتتقابل في نقطة واحدة . والوصول إلى هذا
الهدف يقتضى استعمال عدسة على هيئة معينة توضع أمام المرآة
وكانت المشكلة هي الوصول إلى الشكل الصحيح للعدسة المطلوبة



كاميرا شميدت
(شكل ١١)

وأخيراً توصل « شميدت » إلى صنع عدسة حققت الأغراض المطلوبة منها وأصبح هذا النوع من المناظير معروفاً باسم «منظار شميدت» أو «كاميرا شميدت» .

ما الفرق إذن بين منظار « بالومار » العاكس البالغ قطر مرآته مائتاً بوصة وبين كاميرا « شميدت » التي تصغره بكثير ؟ إن منظار « بالومار » له قدرة هائلة على تجميع الضوء وفي نفس الوقت تظهر خلال العينية منطقة صغيرة من السماء وذلك يزيد من فائدته في إظهار التفاصيل الدقيقة في المجرات البعيدة والكواكب والقمر كما يمكن دراسة بعض النجوم الموجودة في تلك المجرات . أما « كاميرا شميدت » فإنها تصور منطقة أوسع من السماء يظهر فيها عدد هائل من المجرات الخافتة لكن دون تفاصيل . وهكذا لكل نوع منها فائدته التي لا يمكن الاستغناء عنها ، فاحدها يدرس التفاصيل والأنواع المختلفة من النجوم بينما يبحث الآخر في التجمعات المجرية أو النجمية ، وغالباً ما يستخلص الفلكيون من ذلك المناطق الهامة الجديرة بالدراسة المفصلة فيحولونها إلى زملائهم العاملين على المنظار الكبير . وإذا كانت أنواع المناظير المذكورة فيما سبق تؤدي رسالتها بالنسبة للكواكب والنجوم ، فإن ذلك لم يصرف علماء الفلك

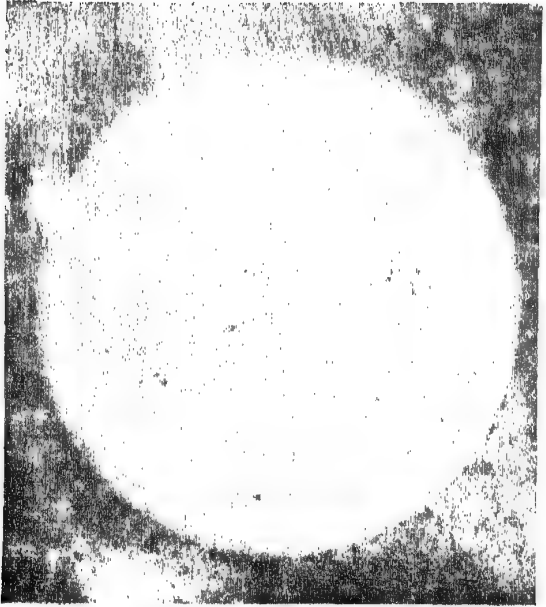
عن الاهتمام بالشمس باعتبارها أقرب النجوم إلينا مما يجعل
دراستها بالتفصيل أمراً هيناً فيساعدنا ذلك على فهم طبيعة
النجوم البعيدة .

والشمس — كما ذكرنا في بداية هذا الكتاب — استرعت
انتباه الإنسان منذ بدء الخليقة حتى إنه في بعض فترات تاريخه
اعتبرها إلهاً جباراً يسيطر على مصير الأفراد والأمم ، ولا غرو
في ذلك فهي تمدد بالدفء والحرارة وتثير العالم من حوله وتساعد
على إنتاج الغذاء الذي يعيش عليه ، فلولاها لما كان هناك حياة
ولأصبحت الأرض خاوية على عروشها .

ولسنا في حاجة لأن نردد ما ذكرناه عن مرصد الشمس
عند قدماء المصريين وغيرهم ، وصنع فتحات المعابد في اتجاه معين
كي تدخلها الشمس في وقت معين من أوقات السنة وما أدى إليه
ذلك من دراسة علمية لحركة الشمس الظاهرية السنوية ، ثم
تطور ذلك إلى البحث في عدم انتظام تلك الحركة والمقترحات
التي تقدم بها علماء الفلك لتفسيرها عن طريق تخيل نظام خاص
للكون ثم للعدول عنه إلى نظام آخر جعل الشمس مركزاً
للمجموعة الشمسية بدلا من الأرض ، ثم أعلن عالم الفلك الألماني
« كبلر » عام ١٦١٩ أن حركات الأرض والكواكب حول

الشمس لاتتخذ مساراً دائرياً... بل قطعاً ناقصاً أو بيضاوياً حيث تقع الشمس قريباً من أحد الركنين « في إحدى البؤرتين » . وأخيراً لعبت تفاحة « نيوتن » دوراً كبيراً في حضارة الإنسان ، كما لعبت تفاحة حواء دوراً في مصيره وإن اختلفت النتائج في الحالتين . فتفاحة حواء أخرجت الإنسان من الجنة بينما أدخلته تفاحة « نيوتن » جنة التقدم العلمى وحلت كثيراً من غوامض الكون . فقوة الجاذبية التى أشار إليها سقوط التفاحة عند قدمى « نيوتن » — أو على رأسه — أوحى إليه بقانون الجاذبية الذى فسر تماماً حركات الأرض والكواكب والمذنبات وغيرها حول الشمس .

وظلت دراسة الشمس لاتتعدى مراقبة حركتها الظاهرية وتعيين مواقعها وحساب ظروف الكسوف ، حتى نظر إليها « جاليليو » خلال منظاره... وهنا انقلب العالم رأساً على عقب . لقد كان المفروض أنها جسم سليم صحيح لا تشوبه شائبة ولكن مشاهدات « جاليليو » بينت عكس ذلك . لقد رأى بقما سوداء تغطى سطحها كما تنتشر البقع على جسم مريض . ولم يصدق الناس ولا العلماء أو رجال الدين هذه « الكارثة » فأعلنوا أنها كواكب صغيرة مظلمة تمر أمام قرص الشمس فتبدو



(شكل ١٢)

البقع الشمسية

كما لو كانت ملتصقة به . ثم ثبت أنها أحد الظواهر التي تلازم الشمس وتدخل في تركيبها وأنها ليست أحد العوامل الخارجية . وتوالت بعد ذلك اكتشافات الظواهر الأخرى ، فسطح الشمس ليس أملس بل تنتشر فيه الجبيلات اللامعة سريعة التغير كالنفقائيع الصغيرة ويشغلها بين حين وآخر أخاديد تنوهج وتلمع ثم تجبو . كما تبين أن حافة القرص نفسه غير منتظمة ، بل تندلع في بعض نواحيه السنة من اللهب أشبه بالنافورات تندفع إلى مسافة آلاف الكيلومترات في الفضاء بعيدا عن الشمس . كما ظهرت في أوقات الكسوف حالة مضيئة تحيط بقرص الشمس المظلم وتبلغ في حجمها أضعاف ما يبلغه حجم الشمس نفسها .

كل هذه العوامل حفزت العلماء إلى الاهتمام بالدراسات التفصيلية للشمس ورصد كل من هذه الظواهر لكشف الستار عما يجري في باطن الشمس وقرب سطحها للتوصل إلى معرفة طبيعة النجوم وتركيبها وتطورها مع الزمن ، وساعدت على ذلك التقدم الكبير الذي حدث في علوم الطبيعة والكيمياء والرياضيات .

ولدراسة التفاصيل يحتاج العلماء إلى الحصول على صورة

كبيرة لقرص الشمس ، ووجدوا أن ذلك ممكن إذا كان بعد الصورة المتكونة عن العدسة بعدا كبيرا يصل إلى عشرات الأمتار وفي هذه الحالة يبلغ قطر صورة الشمس نصف متر أو متراً بأكمله . ووجد العلماء أنه من المستحيل صنع منظار طوله عشرات الأمتار إذ يصبح اتزانه صعبا وآية اهتزازات فيه تكون تبيجتها ضياع التفاصيل المطلوب دراستها ، فاستبدلوا الأنبوبة بدليلز طويل مظلم وضعوا عند فتحة مرآتين تدوران مع الشمس فتعكس الأشعة من المرآة الأولى إلى الثانية ، وهذه تعكسها دائماً في اتجاه الدليلز المظلم حيث يوضع في طريقها عدسة أو مرآة محدبة تجمع الأشعة مكونة صورة للشمس . ولعل هذه الطريقة مأخوذة عن قدماء المصريين — كما ذكرنا في بداية هذا الكتاب — حين كانوا يضيئون المقابر الموجودة على أعماق كبيرة من سطح الأرض بواسطة مرآة يحركونها باليد حتى يتمكنوا من حفر الرسوم الهيروغليفية على الجدران . ولم تلبث يد التطور أن امتدت إلى المناظير الشمسية ، فقد تبين أن التيارات الهوائية عند سطح الأرض تؤثر كثيراً في ثبات الشعاع المنعكس وبالتالي تحدث اهتزازات في الصورة تضعع معها بعض التفاصيل ، ولذلك فكروا في إقامة هذه

المنظير رأسياً بدلاً من عملها أفقياً وفي هذه الحالة يطلق عليها اسم الأبراج الشمسية . في هذا النظام تبنى قبة على ارتفاع عشرات الأمتار من سطح الأرض وتوضع فيها المرآتان اللتان تعكسان ضوء الشمس رأسياً إلى أسفل خلال ممر رأسى مظلم يحتوى على العدسة التي تكون الصورة عند سطح الأرض أو تحتها .

أعوان المناظر

لو اقتصرت الأبحاث الفلكية على المناظر وحدها ، لما تقدم ذلك العلم إلى الدرجة التي وصل إليها . إن المنظار الفلكي ليس سوى وسيلة لتقوية العين حتى تدرك الخافت من النجوم والأجرام السماوية ورؤية بعض التفاصيل الأخرى ولاشئ غير ذلك ، ولو استمر استخدام العين والمنظار فقط لزادت كمية المعلومات ولكن ما تغير نوعها إلا قليلا .

وما حدث من تغير في النوع جاء نتيجة التقدم الكبير في علوم الطبيعة والكيمياء فزودتنا تلك العلوم بالألواح الفوتوغرافية والآلات التصوير وأجهزة الطيف والإلكترونيات التي سرعان ما تلقفها علماء الفلك وفتحوا بها مجالات جديدة في الأبحاث الفلكية .

فعين آلة التصوير أكثر حساسية من عين الإنسان ، وبتركيبها مكان العينية في المنظار وتوجيهها نحو منطقة ما من السماء لفترة كافية أمكن تصوير أجرام سماوية خافتة إلى درجة أن العين لا تراها خلال ذلك المظهر . إن الفلكي حين يحدق النجوم

فى النجوم خلال المنظار فترة طويلة ، سرطان ما تكل عينه
وتصبح الرؤية غير واضحة أو محددة ويصبح غير واثق ما إذا
كانت النقط الضوئية التى يراها هى نجوم فى الحقيقة أم هى خيالات
من تأثير طول التحديق .

ومن ناحية أخرى تقدمت صناعة الألواح الفوتوغرافية
فامكن عمل أنواع مختلفة منها ، بعضها حساس للضوء الأحمر
وبعضها للضوء الأزرق أو البنفسجى وبذلك يمكن تصوير نجوم
حمراء أو زرقاء شديدة الخفوت وأمكن بذلك التغلغل فى الفضاء
على مسافات خيالية يصعب تصورها (١) .

وللألواح الفوتوغرافية ميزة أخرى غير تصوير الأجرام
الخافتة ، وهى تسجيل كل ما يبدو خلال المنظار ليتدارسه العلماء
على مهل — وفى ثقة — فيما بعد . فإذا أضفنا إلى ذلك التطور
الذى حدث فى أجهزة القياس أمكننا أن نتخيل مقدار الدقة

(١) أمكن لمنظار « مونت بالومار » تصوير أجرام سماوية على بعد
مائة مليون سنة ضوئية . والسنة الضوئية هى المسافة التى يسيرها الضوء
فى سنة بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية ، أى أن السنة الضوئية
تساوى ٦ مليون مليون ميل . نرى من ذلك أن المنظار أمكنه التفاض
فى الفضاء إلى مسافة ٦٠٠ مليون مليون مليون ميل . . . أو ستة
وبمجانها عشرون صفرا !!

فى تحديد المواقع أو قياس الأبعاد ، ثم عمل جداول تحوى
 عشرات الألوف من النجوم مصحوبة بمقدار لمعانها ومواقعها
 فى السماء حتى إذا ما أردنا دراسة نجم معين ضبطنا المنظار على
 الموقع المعطى لنا فإذا بالنجم ظاهر للعين أو لآلة التصوير .
 وميزة ثالثة للألواح الفوتوغرافية ، هى اكتشاف كثير من
 النجوم المتغيرة والمذنبات والكويكبات فهناك عدد من النجوم
 يتغير ضوءها إما بصفة دورية منتظمة أو فجائية غير منتظمة نتيجة
 لبعض العوامل السائدة فى داخل النجم ذاته والقوق الفوتوغرافى
 يصور عددا كبيرا من النجوم دفعة واحدة ، فإذا ما صورنا
 نفس المنطقة من السماء على أوقات مختلفة أمكننا أن نرى كل نجم
 متغير بالاختلاف الذى يحدث فى حجم صورته بين لوح وآخر .
 وتختلف طريقة اكتشاف المذنبات والكويكبات (١) عن

(١) المذنبات والكويكبات أعضاء فى المجموعة الشمسية لم يتفق
 العلماء بعد على موطنها الأصلى . ويبدو المذنب عادة على هيئة كتلة
 تشبه الرأس أو النواة تتصل بها ذيل طويل أو بضعة ذيول ذات أشكال
 مختلفة تمتد أحيانا إلى مائى مليون ميل ، ويتكون المذنب من عدد كبير
 جدا من المواد الصلبة تحيط بها بض الغازات . أما الكويكبات فهى
 أقزام كواكب يتراوح قطرها بين ثلثمائة ميل وبين بضعة أمتار ، ويوجد
 منها فى المجموعة الشمسية بضعة آلاف .

طريقة النجوم المتغيرة . فبينما النجوم ثابتة الموقع بالنسبة لبعضها البعض فإذا أخذنا صورة لمنطقة معينة من السماء نجد دائما نفس النجوم وموضع كل منها بالنسبة للآخر ثابتا لا يتغير تغيرا ملحوظا — نجد المذنبات والكويكبات كنقط مضبوطة تتحرك بين النجوم بصفة مستمرة . فإذا ما فحصنا صورتين مأخوذتين في ليلتين مختلفتين ووجدنا أن نقطة في أحدهما قد انتقلت إلى مكان آخر في الصورة الثانية علمنا على الفور أن هذه النقطة ليست نجما بل مذنباً أو كويكبا

ولما كان اللوح الفوتوغرافى يمتوى فى المادة على مئات من النقاط بين نجوم وغيرها ، فقد صنع العلماء جهازا خاصا توضع فيه صورتان ثم ينظر إليهما خلال منظار صغير . وتصميم الجهاز يسمح برؤية أحد الألواح فى لحظة ثم رؤية اللوح الثانى فى اللحظة التالية وهكذا فإذا ما كانت جميع النقاط على اللوحين نجوما ونظرنا إليهما فى تنابع سريع لم نلاحظ شيئا غير عادى كما لو كنا ننظر إلى صورة واحدة ، أما إذا كان هناك مذنب أو كويكب فصورته تبدو كأنما تقفز إلى الأمام ثم تعود إلى مكانها .

ويستخدم نفس الجهاز للكشف عن النجوم المتغيرة . حقا

لا يتغير مكان صورتي النجم على اللوحين فلا يظهر قفز أوذبذبة
إذا ما انتقلنا بين اللوحين ، ولكن صورة النجم المتغير تبدو
وكأنها تتمدد ثم تنكش . والسبب في ذلك أن تغير النجم صاحبه
تغير في شدة لمعانه فتكون صورته في أحد اللوحين أكبر
من الأخرى .

وبتقدم علم البصريات ، حصل الفلكيون على سلاح جديد
لتشريح النجوم ومعرفة دخالها . فالضوء الأبيض العادي يتكون
من الألوان المتزجة ، وإذا وضعنا في طريقه قطعة من
البللور أو منشورا زجاجيا اتخذ كل لون من هذه الألوان طريقه
الخاص به أثناء مروره من المنشور فينحرف بعضها بزاوية تختلف
عن الآخرين . وتكون النتيجة أننا نرى الضوء بعد قاذه وقد
تحلل إلى مركبات مجاورة لبعضها كما يبدو في قوس قزح ، فهذا
اللون البنفسجي يليه الأزرق ثم الأخضر فالأصفر ثم البرتقالي
والأحمر لايتغير ترتيبها هذا على الإطلاق . . . وما قوس قزح
سوى ضوء الشمس وقد حللته قطرات الماء المعلقة في الهواء
والتي تؤدي وظيفة قطعة البللور .

والضوء المعتاد عند تحليله بالمنشور الزجاجي أو البللورة
يعطى الألوان التي ذكرناها ، فإذا تركناه يمر قبل وصوله إلى

المنشور في طبقة من الغازات المختلفة فإن كل غاز منها يمتص أجزاء معينة من تلك الألوان ويمتصها من الوصول إلينا فيظهر مكانها كخط أسود . ويسهل تمييز تلك الخطوط عن بعضها ، إذ أن الضوء يسير في موجات مختلفة منها ما هو قصير ومنها ما هو طويل ، فوجات المنطقة البنفسجية مثلا قصيرة والزرقاء أطول منها ثم الخضراء وهكذا حتى المنطقة الحمراء ومعنى ذلك أن كل خط أسود من خطوط الطيف له طول موجة خاصة به نستدل عليها من مكانه في الطيف ، وكل عنصر من العناصر أو غاز من الغازات يمتص مجموعة من الخطوط أطوال موجاتها معروفة ومحدودة .

فإذا أخذنا صورة طيف لمجموعة من الغازات وجدناه حافلا بالخطوط السوداء ولكن يمكننا قياس أطوال موجاتها ، فإذا كان لدينا جداول تحتوى على خطوط طيف كل غاز أمكننا أن نعرف ما يدخل منها في تركيب هذه المجموعة . وهكذا قدم العلم لنا في الأزمنة الحديثة أعظم جهاز للأبحاث الفلكية وهو ما يطلق عليه اسم المطياف منه ما يستخدم باستعمال المين فقط ومنه ما يلتقط صور الأطياف .

ويركب هذا المطياف على المنظار الفلكي حتى إذا استقبل

ضوء جرم سماوى ، تعاون مع علماء الفلك على حل شفرته
ومعرفة العناصر المختلفة التى يتكون منها ذلك النجم . ولا يقتصر
الأمر على ذلك ، بل يتعداه إلى تحديد درجات الحرارة . فإذا
أخذنا عنصرا معينا مثلاً فى درجة حرارة منخفضة لما ظهرت
خطوط طيفه التى نعرفها جيداً ، وبعد أن نرفع درجة الحرارة
إلى حد معين تبدأ تلك الخطوط فى الظهور ثم تزداد شدتها كلما
ارتفعت درجة الحرارة وبعد ذلك تضعف تدريجاً حتى تتلاشى ،
ولكنها فى تلك الأثناء لا تغير مواضعها على الإطلاق . فمعرفة
مدى ظهور خطوط طيف عنصر ما يعطينا فكرة عن درجة
حرارة المصدر .

لم يقتصر العمل البوليسى الذى يقوم به المطياف على تحديد
درجات حرارة النجوم ، بل كشف أيضاً عن ظاهرة جديدة
فى دنيا الفلك . فقد تبين من الدراسات التى أجريت على خطوط
الطيف أنها فى بعض الأحوال لا تقع فى موضعها الأصلى
بل تنتقل قليلاً ناحية اليمين أو ناحية اليسار ، بمعنى أن طول
موجة الخط يتغير بالزيادة أو بالنقصان والحالة التى تؤدى إلى هذا
التغير هى كون مصدر الضوء متحركاً ناحية المطياف أو بعيداً
عنه ، ويتوقف مقدار بعد الخط عن مكانه الأصلى لو لم يكن

مصدر الضوء متحركاً — على سرعة هذا المصدر طبقاً لقاعدة
أطلق عليها اسم قاعدة « دوبلر » :

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

حيث : c = سرعة المصدر

v = سرعة الضوء = ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

λ = الطول الأصلي للموجة .

λ_0 = الطول الجديد للموجة .

أى أن $\lambda - \lambda_0$ = مقدار الزحزحة عن الموقع الأصلي للخط.

فإذا كان المصدر متحركاً ناحية المطياف أو ناحية الراصد كان
انتقال خطوط الطيف إلى الجهة البنفسجية أى يقصر طول
الموجة ، وإذا كانت الحركة بعيداً عنه ازداد طول الموجة . وهذا
التأثير لا يقتصر على الضوء فقط بل يتعداه إلى موجات الصوت
وهى الحالة التى يمكن لمسها بوضوح . فصفير القطار إذا كان
قائماً تبدو موجاته متضاغطة أى أن أطوالها قصيرة ، فإذا كان
مبتعداً ممتداً الصفير فى موجات متباعدة أو طويلة الموجات .

وإذا ذكرنا قاعدة « دوبلر » وجب علينا أن نشير إلى قصة

طريقة يتناقلها علماء أمريكا عن عالم الطبيعة الذى رأى أن يستغلها فى الحياة خارج معمله . ففى يوم كان يقود سيارته وإذا به يندفع عند تقاطع شارعين غير عالىء بإشارة المرور الحمراء وعندما مثل بين يدى للقاضى بدأ دفاعه عن نفسه بشرح قاعدة « دوبلر » وبين للمحكمة أنه فى سيره « نحو » ضوء إشارة المرور الحمراء تغير طول الموجة إلى أقصر منها أى انتقلت من المنطقة الحمراء إلى الزرقاء فحيل إليه أن الطريق مفتوح أمامه وقد افتتن القاضى بهذه النظرية وكاد أن يصدقه لولا تدخل أحد الطلبة الأشقياء ومطالبته بسؤال الأستاذ عن السرعة اللازمة لى تظهر الإشارة الحمراء وكأنها زرقاء وهنا أسقط فى يد الأستاذ فذكر أنها حوالى مائة ألف كيلو متر فى الثانية 1 .

وتنتيجة للدراسات الفلكية فى هذه الناحية ، وجد العلماء أن النجوم تسير فى الفضاء ، بعضها يقترب نحونا وبعضها يسير مبتعداً عنا ، ثم تبين أن الجزء الأكبر من هذه الحركة هو حركة ظاهرية فقط وأن بعد النجم عنا ثابت لاخوف من اصطدامه بنا . أما ما نراه فيرجع إلى ما يسمى بالسرعة النسبية وهى سرعة جسم بالنسبة إلى آخر سواء أكانا متحركين أو كان أحدهما ساكناً . فأنت حين تركب القطار تشاهد

الأشجار وأعمدة الهاتف وهي تتراجع إلى الخلف في سرعة كبيرة تساوى سرعة اندفاع القطار إلى الأمام بينما هي ساكنة لا تتحرك .

وكذلك الحال في الأجرام السماوية ، فالشمس والأرض والكواكب والنجوم تدور كمجموعة واحدة حول مركز مشترك بحيث تم دوراتها جميعاً في نفس الفترة بينما تظل المسافات ثابتة بين النجوم وبعضها وبينها وبين المجموعة الشمسية ، ونتيجة لذلك تدور النجوم القريبة من المركز في دوائر أصغر من دائرة المجموعة الشمسية ، والنجوم البعيدة في دوائر أكبر منها . ولذا تسير النجوم الداخلية ببطء في حين تسرع النجوم الخارجية كي تقطع دوائرها الكبيرة في نفس الموعده .

ولذلك إذا نظرنا إلى النجوم الداخلية ، وكانت هذه أمامنا ، خيل إلينا أننا سنلحق بها لأن سرعة الأرض أكبر من سرعتها ومعنى آخر ، إذا اعتبرنا الأرض ساكنة خيل إلينا أن هذه النجوم تندفع نحونا ، فإذا كانت خلفنا رأيناها كأنما تباعد عنا . وعكس ذلك يقال عن النجوم الخارجية وهي التي تزيد سرعتها عن سرعة الأرض ، فإذا كانت أمامنا بدت مبتعدة وإذا كانت خلفنا ظهرت مندفعة إلينا .

وبعد أن بينت لنا الألواح الفوتوغرافية وجود عشرات الملايين من المجرات (١) ، كل واحدة منها تحوى مئات الآلاف أو الملايين من النجوم أشبه بمجموعة النجوم المحيطة بنا ، وجهنا المطياف إليها لاستزيد بها علماً . وتبين من الدراسات أن خطوط الطيف فى معظمها تنتقل إلى الناحية الحمراء ، فهى إذن تسير فى الفضاء مبتعدة عنا بسرعة خيالية تصل إلى بضعة آلاف من الأميال فى الثانية الواحدة ١١ وكلما ازداد بعد المجرة عنا كانت سرعتها أكبر وذلك ما أطلق عليه العلماء اسم تمدد الكون .

وكما أعطانا المطياف صورة شبه واضحة لأعماق الفضاء ، استخدمناه فى دراسة كواكب المجموعة الشمسية ومعرفة الغازات المحيطة بها واحتمال وجود حياة من أى نوع فيها ، تمهيداً لإطلاق الإنسان إليها واستغلال مواردها البكر .

والكواكب أجسام مظلمة كالأرض ، تنعكس أشعة الشمس الساقطة عليها بعد مرورها فى غلافها الغازى — إن كان له وجود — فإذا ما وصلت الأشعة المنعكسة إلى الأرض وتلقاها المطياف وجدنا نفس الخطوط التى نحصل عليها بتوجيه المطياف إلى الشمس نفسها بالإضافة إلى خطوط جديدة أنتجتها الغازات

(١) أقرب هذه المجرات إلينا على بعد سبعمائة وخمسين ألف سنة ضوئية أى على مسافة ٥ مليون مليون ميل ، أى خمسة وثمانية عشر صفراً ، أو ما يعادل خمسين ألف مليون مرة المسافة بين الأرض والشمس .

المحيطة بالكوكب . ولكن الأمر ليس سهلا كما يبدو لأول وهلة نتيجة لعاملين :

١ — انخفاض درجة حرارة الغازات مما ينتج عنه خطوط ضعيفة لانكاد ترى .

٢ — تدخل الغلاف الجوى للأرض لإرباك علماء الفلك في أبحاثهم ، فإذا وجدنا خطوط غاز الأكسجين مثلا في الطيف فما يدرينا أهى ناتجة عن وجود هذا الغاز في الكوكب أم أنها راجعة إلى أكسجين الأرض وحدها ؟

وقد تغلب العلماء على هذه الصعوبة باستخدام إحدى طرق ثلاث تعتمد أولاها على دراسة شدة خطوط الطيف فالمفروض أنها تزداد كلما ازدادت كمية الغاز الذى مر فيه الإشعاع وبذلك يكون الخط المعين الناتج عن أكسجين الأرض والكوكب مما أكثر شدة من الناتج عن الأرض وحدها . فالمشكلة إذن هى فى الحصول على خطوط الأرض وحدها ثم مقارنتها بالأرض والكوكب معا ، وهنا استعان العلماء بالقمر الذى ثبت — بطرق أخرى — أنه لا يحتفظ بغلاف جوى ومعنى ذلك أن طيف الاشعاع الذى يمسكه لا يزيد على طيف الشمس المباشر فى شيء إلا بالخطوط الأرضية الناتجة من الغازات المحيطة بالأرض .

فإذا قارنا طيف القمر بطيف كوكب ما ووجدنا أن الخطوط الأرضية في كليهما لها نفس الشدة والوضوح أمكننا أن نؤكد عدم وجود هذه الغازات على سطح الكوكب أما إذا زادت في الكوكب عن القمر ، كان معناه وجودها هناك .

وتعتمد الطريقة الثانية للكشف عن الغازات في الكواكب على قاعدة « دوبلر » وزحزحة خطوط الطيف للجسم المتحرك وباختيار الوقت المناسب حين يكون الكوكب آخذاً في الابتعاد عن الأرض أو في الاقتراب منها ، نجد أن خطوطه تنفصل عن الخطوط الأرضية إلى درجة يمكن ملاحظتها أو على الأقل يشوه منظر الخطوط الأرضية مما يؤكد وجود هذا الغاز على الكوكب . والطريقة الثالثة تستخدم إذا كان تشويه الخطوط الأرضية ضئيلاً مشكوكاً في أمره . ففي هذه الحالة نسجل طيفين للكوكب أحدهما عند اقترابه والثاني عند ابتعاده ، حينئذ يكون التشويه في الأول إلى اليسار وفي الثاني إلى اليمين من الخط الأرضي ومهما كان مقداره صغيراً ، إلا أن وجوده في ناحيتين عكسيتين يظهره بوضوح للباحث عنه .

حتى النباتات حظيت بالدراسات الطيفية للبحث عنها في كوكب المريخ . ويقوم « الكلووفيل » في هذه الحالة مقام غلز من

الغازات ، إذا سقط عليه ضوء الشمس امتص منه بعض الأطوال الموجية . فلو قمنا بتحليل الضوء المنعكس بعد ذلك من النبات لوجدنا جميع الخطوط الطيفية الخاصة بالغازات الموجودة في الشمس ، بالإضافة إلى الخطوط الأرضية التي أشرنا إليها ، وأخيرا نجد خطوطا جديدة نتيجة لوجود « الكلوروفيل » في طريق ذلك الضوء . وقد أمكن فعلا رؤية ثلاثة خطوط « هي في الحقيقة ثلاث حزم » امتصاصية ولكن أوضحها هو الواقع في المنطقة الحمراء من الطيف ويطلق عليها اسم « الحزمة الامتصاصية الرئيسية للكلوروفيل » . وما على المرء حينئذ إلا أن يوجه المطياف نحو الكوكب ليرى هل تظهر تلك الحزم مشيرة إلى وجود نباتات أم يصعب العثور عليها لسبب من الأسباب ؟

وفي مجال البحث عن النباتات ، نود أن نرجع إلى الوراء لنرى إلى أى مدى يمكننا الاستعانة بالتصوير الفوتوغرافي . استخدم العلماء أفلاما مختلفة بعضها حساس للضوء الأزرق والآخر للضوء الأحمر وقاموا بتصوير النباتات الخضراء فوجدوا اختلافا كبيرا بين الصورتين . . . الصورة المنطبعة على النوع الثاني من الأفلام كانت أكثر بريقا من المأخوذة بالنوع الأول فاستدلوا من ذلك على انبعاث إشعاعات حمراء أو دون حمراء

من النباتات كان أثرها على اللوح الحساس للضوء الأحمر أقوى من أثرها على اللوح الآخر . ومعنى ذلك أن النباتات تقوم بتشتيت الأشعة الحمراء أو عكسها كما تعكس المرآة الضوء الساقط عليها .

وما زالت هذه الأبحاث العظيمة والنصورية تجري على النباتات المختلفة الأنواع للوصول إلى نتائج مؤكدة ، وخاصة بعد أن تبين من الدراسات الأولية أن بعض النباتات تغير من عاداتها إذا وجدت نفسها في جو غير مألف لها . فمثلا عند المقارنة بين نباتات المناطق المعتدلة وزميلاتها في المناطق الباردة ظهر أن المجموعة الأولى تعكس كثيرا من الإشعاعات الحمراء بينما تمتصها المجموعة الثانية لتمدها بالدفء الذي تحتاج إليه ، بل إن النبات الواحد في المنطقة يمتص كثيرا من هذه الأشعة في فصل الشتاء ومن ناحية أخرى احتفظت بعض النباتات بخواصها الأصلية حين نقلت من موطنها إلى مكان آخر ، فأشجار الصنوبر الكندية حين نقلت إلى منطقة أكثر دفئا لم يظهر في طيفها الحزم الامتصاصية للكلوروفيل كما هو الحال لشقيقاتها في كندا .

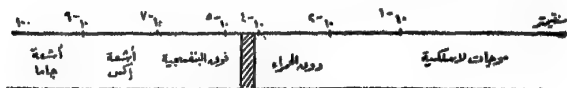
الرادار واللاسلكى والفلك

من أهم خصائص أى نجم من النجوم ، تلك الإشعاعات التى يبعث بها إلى الأرض ، وقد اعتدنا أن نطلق على هذه الإشعاعات اسم موجات ضوئية ولكن من الأصوب أن نسميها موجات كهرومغناطيسية إذ أن الموجات الضوئية ليست سوى جزء صغير جداً من الموجات الكهرومغناطيسية . فأطوال الموجات الضوئية تتراوح بين $\frac{1}{1000000}$ من السنتيمتر وبين $\frac{1}{10000000}$ من السنتيمتر^(١) ، بينما تغطى الموجات

(١) مقياس الموجات الضوئية بوحدات أخرى غير السنتيمتر رهى وحدتى الأنجستروم والميكرون ويبلغ طول الأنجستروم $\frac{1}{10000000}$ من السنتيمتر بينما يبلغ الميكرون $\frac{1}{1000000}$ من السنتيمتر . وتستخدم وحدة الأنجستروم للموجات القصيرة فى الضوء المرئى بينما تستخدم وحدة الميكرون للموجات الطويلة نسبياً أى فى المنطقة الحمراء ودون الحمراء . وعلى هذا القياس تتراوح أطوال الموجات الضوئية المرئية بين أربعة آلاف وثمانية آلاف أنجستروم والأشعة فوق البنفسجية مادون ذلك حتى ١٠ أنجستروم ، بينما تمتد الأشعة دون الحمراء من ٨٠٠٠ أنجستروم (٨٠ ميكرون) تقريباً إلى مائة ميكرون .

الكهر ومقناطيسية مجالا أكثر امتدادا — فن الناحية النظرية يشمل جميع الأطوال من الصفر إلى المالا نهاية .

والموجات التي تقصر أطوالها عن الموجات الضوئية تسمى فوق البنفسجية ، تنضائل أطوالها حتى تصل إلى جزء من عشرة ملايين جزء من السنتيمتر . فإذا ما تابنا الموجات الأكثر قصراً من ذلك ، صادفنا أشعة إكس التي تتراوح أطوالها ما بين جزء من عشرة ملايين جزء من السنتيمتر وبين جزء من ألف مليون جزء من السنتيمتر ، ويلها في القصر أشعة جاما التي تصل إلى جزء من مائة ألف مليون جزء من السنتيمتر ١١



إشعاعات كهرومقناطيسية
منطقة الضوء المرئي موضحة في الشكل بالخطوط المائلة

(شكل ١٣)

فإذا ذهبنا إلى الناحية الأخرى من الضوء المرئي وجدنا أمواجاً طويلة هي الأشعة دون الحمراء يليها بعد ذلك الموجات اللاسلكية . والأشعة دون الحمراء تصل أطوالها إلى واحد

من مائة من السنتيمتر بينما تغطي الموجات اللاسلكية مجالا قد يمتد حتى عشرة آلاف من الأمتار .

والأجرام السماوية الملتبته تنبعث منها — كما ذكرنا — موجات كهرومغناطيسية ، ولكن توزيع الطاقة في مناطق الموجات المختلفة يتوقف على درجة حرارة الجسم . وتتراوح درجات حرارة السطح لغالبية النجوم بين ٤٥٠٠ درجة وبين ١٠٠٠٠ درجة ، ولذلك فإن الجزء الأكبر من إشعاعها يقع في منطقة الضوء المرئي المظلمة في الشكل وبدراسة هذه المنطقة نكون قد حللنا الجزء الأكبر من إشعاع هذه النجوم .

وماذا عن النجوم الأكثر سخونة أو الأقل حرارة ؟ . . . في النوع الأول نجد معظم الإشعاع واقعاً في المنطقة البنفسجية وفوق البنفسجية ، بينما يقع النوع الثاني في المنطقة دون الحمراء ، ولكي تكمل دراسة هذه النجوم بحث العلماء عن وسائل لرصد الإشعاعات في هذه المناطق حيث أنها غير مرئية لا تحس بها العين ولا تسجلها الألواح الفوتوغرافية العادية . ويمكن العلماء في هذا المجال من صنع ألواح فوتوغرافية ذات حساسية خاصة كما استخدموا صمامات أطلق عليها اسم خلايا كهروضوئية ، وأكثر

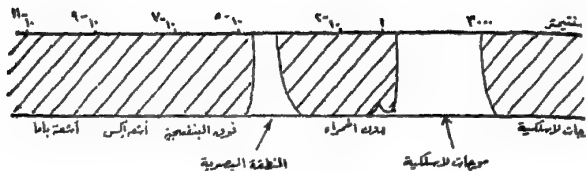
استعمال الألواح الجديدة للأشعة فوق البنفسجية بينما تستخدم الخلايا الكهروضوئية للأشعة دون الحمراء .

ويتدخل غلاف الأرض الجوى لينقل يد الفلكيين في هذه الأبحاث من نواح عديدة ، ولكن أهم المتاعب التي يضعها في طريقهم هي شهيته المفتوحة للامتصاص . فالإشعاع القادم من أى جرم سماوى لا يصل إلى نهاية المطاف سالماً ، إذ يقوم الغلاف الجوى بمزيقه إرباثم يمتص معظم موجاته ولا يدع لنا سوى أشلاء قليلة . والغلاف في الحقيقة يمتص جميع الموجات ولكن ليس بدرجة واحدة ، فالغالبية يتلعمها ابتلاها ولا يترك لنا منها أى أثر ، بينما يقضم من الأشلاء القليلة الباقية قضبات صغيرة قبل أن تفلت من بين أنيابه لتتلقفها أجهزتنا وتحكي لها الكثير . ومن الأشلاء التي تصل إلينا موجات الضوء المرئي بينما تضع الأشعة فوق البنفسجية التي تقصر أطوالها عن ٢٩٠٠ أنجشثروم ضياعاً تاماً بسبب امتصاص الغلاف الجوى لها .

وقد استخدم علماء الفلك البالونات والصواريخ لدراسة الأشعة فوق البنفسجية التي تنبعث من الشمس . . . فهم يطلقون هذه البالونات والصواريخ — بعد تزويدها بالأجهزة اللازمة — إلى طبقات الجو العليا لتقابل الإشعاع في مساره قبل أن يدخل

الغلاف الجوى ويلاقى مصيره الحزن . وهذه الطريقة وإن نجحت فى حالة الشمس ، إلا أنها غير مجدية مع النجوم لصعوبة توجيه الأجهزة إلى نجم معين يبدو كنقطة دقيقة على صفحة السماء . وكذلك يمتص الغلاف الجوى الأشعة دون الحمراء بأكها . ولا يترك لنا سوى كسرة صغيرة لا تشبع ولا تنفى من جوع . أما الأمواج اللاسلكية التى تليها فيمر منها جزء صغير ما بين سنتيمتر واحد وبين ثلاثين متراً ثم تضع كل الأمواج التى بعدها .

نرى من ذلك أن لدينا نافذتين عصريتين ندرس الكون من خلالها ، وأحدهما نافذة بصرية أو موجات الضوء المرئى التى أشرنا إليها فيما سبق . أما النافذة الثانية فهى أكبر من الأولى بمراحل كثيرة ولكن الإشعاع النافذ منها لا يمكن رؤيته أو تصويره . وفى الحقيقة ، ليس الحد الأقصى للإشعاع الذى يمر خلال هذه الفجوة ثلاثين متراً بالتمام ، بل يتراوح ما بين ستة عشر متراً وبين ثلاثين متراً تبعاً لزاوية سقوط الإشعاع على الغلاف الجوى وللأحوال الطبيعية فى طبقات الجو العليا وهى أحوال سريعة التغير . ويطلق على هذه النافذة نافذة الفلك اللاسلكى .



(شكل ١٤)

الناطق المظلة من الأمواج التي يمتصها الغلاف الجوي أو يعكسها
فلا تصل إلى الراصد

ولم تبدأ دراسة هذه المنطقة إلا حديثاً بسبب عاملين هامين :
أولاً : يقع معظم إشعاعات النجوم في المناطق فوق
البنفسجية ، والمرئية ، والحمراء ، وذن الحمراء . بينما يقع جزء
ضئيل جداً في منطقة الموجات اللاسلكية .
ثانياً : عدم وجود أجهزة استقبال أو هوائيات شديدة
الحساسية .

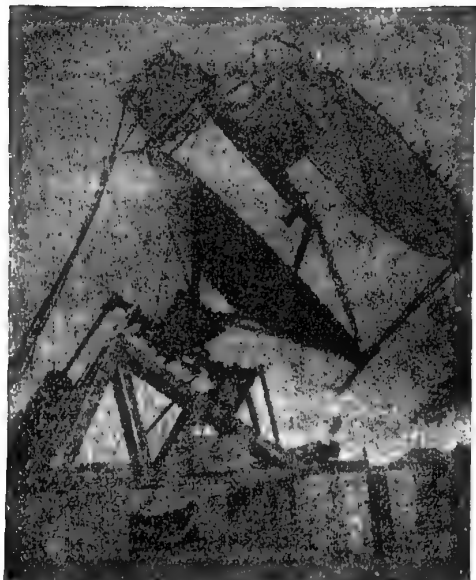
ومالبت هذا العلم أن تطور سريعاً في السنوات الأخيرة
وانبثق منه فرعان رئيسيان أحدهما الفلك اللاسلكي والآخر
الفلك الرادارى . ويختص الفلك اللاسلكي بدراسة الإشعاعات
التي تخرج من الأجرام السماوية في منطقة الموجات الطويلة ،
بينما تتجه دراسات الفلك الرادارى إلى إرسال إشارات من

الأرض إلى الجسم ثم دراسة مدى هذه الإشارات بعد اصطدامها بالجسم وعودتها إلى الأرض . وهذه الطريقة تسجح في حالة الأجسام القريبة من الأرض مثل القمر والكواكب ولكن يصعب تطبيقها على النجوم بسبب أبعادها الشاسعة .

ويطلق على الجهاز الذى يدرس إشعاعات الأجرام السماوية اسم المنظار اللاسلكى ، وهو يختلف عن المنظار العاكس المعروف فى أن الأخير يتكون من مرآة تقتص إشعاع الجسم ونجمه عند البؤرة حيث يستقبله لوح فوتوغرافى أو خلية كهروضوئية أو مطياف بينما يتكون المنظار اللاسلكى من هوائى أو من مرآة معدنية فى بؤرتها هوائى صغير ... أو قد يستعاض عن الهوائى البسيط بآخر مركب من عدة هوائيات .

ويختلف المنظاران أيضاً من ناحية أخرى ، فالمنظار البصرى يستقبل موجات الضوء المرئى كلها ويجمعها عند البؤرة حيث تجرى دراستها ، أما المنظار اللاسلكى فلا يدرس سوى موجة واحدة بطول معين ويتحدد ذلك بطول الهوائى ... فكل طول نختاره للهوائى يجعله صالحاً لالتقاط موجة واحدة معينة .

وللمنظار اللاسلكى ميزات لا يجاريه فيها المنظار البصرى ولكن لا يمكن لأحدهما أن يحل محل الآخر ، بل هما فى الحقيقة يكملان



(شکل ۱۴) منظر لاسکی

بعضهما بعضاً . فعلى سبيل المثال ، نرى الشمس كقرص مستدير مضيء طبقاً لما تحدده لنا الأشعة المرئية — فإذا ما تلمسناها بالمنظار اللاسلكي ثم زعمنا شكلها كما تحدده لنا المناطق التي تنبعث منها الموجات اللاسلكية ، وجدنا ذلك الشكل يعضاويًا ! ومن ناحية أخرى ، نعلم أن قرص الشمس يحيط به حالة غير منتظمة الشكل لا تظهر لنا في الأحوال العادية بسبب ضعف ضوئها الذي يعطى عليه نور الشمس الساطع . وكانت الفرصة الوحيدة أمام العلماء لمشاهدة هذه الحالة ودراستها هي فرصة حدوث كسوف للشمس حين يحجب القمر قرصها تماماً ، ثم توصلوا إلى جهاز للكسوف الصناعي بداخله قرص صغير بديل عن قرص القمر يحجبون به الشمس فتظهر لهم الحالة واضحة إلى حد ما .

والتعاب التي جابهت علماء الفلك في هذا الصدد هي ندرة الكسوفات النامة إذ غالباً ما يكون الكسوف جزئياً فلا يحجب القمر سوى جزء من قرص الشمس وسواء أكان هذا الجزء صغيراً أم كبيراً فإن ما يبقى مضيئاً من الشمس يعطى على الحالة ويخفيها . ومن جهة أخرى ، إذا تصادف وحدث كسوف كلي للشمس فإنه لا يستمر سوى لحظات يبدأ بعدها

في الانتشاع فلا يترك للعلماء وقتاً كافياً للدراسات التفصيلية .

أما جهاز الكسوف الصناعي ، فرغم إمكان استخدامه في أى وقت لفترات طويلة ، إلا أنه يحجب قرص الشمس بعد دخول ضوءها الغلاف الجوى للأرض ووصوله إلى المنظار . والغلاف الجوى يشتت الضوء فلا يجعله محصوراً في مساره الأصلي بل « يتناثر » جزء منه في جميع الاتجاهات وهذا هو السبب في أن السماء تبدو « مضيئة » خلال النهار ويطغى نورها على النجوم فيخفيها عن الأعين . وعلى ذلك لا يظهر لنا في الجهاز سوى أشد أجزاء المالة وضوحاً ، وحتى هذه الأجزاء تكون « مختلطة » بجزء من نور الشمس .

وعلاوة على ذلك ، فإن آيا من الكسوف الطبيعي أو الصناعي لا يمكننا من دراسة المناطق الفاصلة بين قرص الشمس المضيء وبين المالة . فلما جاء المنظار اللاسلكي ، أعطانا الفرصة لدراسة المناطق بالإضافة إلى المالة نفسها في أى وقت ولأية فترة . . . هذا إلى جانب إحدى الميزات الكبرى لذلك المنظار وهي قدرته على الرصد في أية ظروف جوية مهما كانت .

وفي أثناء « مسح » السماء بالمنظار اللاسلكي ، اكتشف

العلماء عام ١٩٤٦ مصدر لا سلكيا قويا في كوكبة الدجاجة (١)
ثم آخر في كوكبة ذات الكرسي وثالث في كوكبة الثور ، ولما
كانت هذه الكوكبات الثلاث واقعة في الطريق اللبنى (٢) حيث
تكثر السدم (٣) فقد تبادر إلى ذهنهم أن السدم نفسها هي مصدر
هذه الموجات اللاسلكية . ولكن بعد أن بلغ عدد هذه المصادر

(١) قبل أن يصبح للنجوم جداول خاصة مثبت فيها موقع كل نجم
في السماء لجأ القدماء إلى وسيلة تسهل لهم مهمة التعرف على النجوم
المختلفة أو الإشارة إليها في أحاديثهم وكتاباتهم فقسوا النجوم للامعة
الظاهرة لهم إلى مجموعات أطلقوا عليها اسم كوكبات ، ثم تخيلوا نجوم كل
كوكبة على هيئة حيوان أو إنسان أو بطل من أبطال الأساطير مثل
الدجاجة والجنائي على ركبته وذات الكرسي (امرأة تجلس على كرسي)
والثور وغيرها . وأسماء خاصة على المذبح نجوم المجموعة أما الباقية فكانوا
يشيرون إلى مكانها في الكوكبة كقولهم «النجم الذي على رأس الدجاجة
أو عند الركبة اليمنى لذات الكرسي» .

(٢) الطريق اللبنى أو «سكة التبانة» كما يسميها أهل الريف
منطقة تمتد عبر السماء تبدو في الليالي الحالمكة كالسحاب الخفيف ولكنها
في الحقيقة تحتوي على ملايين النجوم الخافتة الضوء .

(٣) السدم أو مواد ما بين النجوم مناطق واسعة تحتوي على
غازات وجزيئات وحييات تبدو أحيانا كالسحب الداكنة نمجج
ما وراءها ، وأحيانا تكون رقيقة وشفافة إلى أنها لا تظهر للعين .

اللاسلكية ٢٠٠٠ عام ١٩٥٥ يقع أغلبها خارج الطريق اللبنى
نبدوا هذه الفكرة وأطلقوا عليها اسم « النجوم اللاسلكية »
ومن المعتقد أن هذه النجوم اللاسلكية أجسام كونية لها طبيعة
النجوم فى استدارتها وتكونها من غازات كثيفة بعض الشيء
ولكن لها القدرة على إشعاع موجات لاسلكية قوية وموجات
ضوئية ضعيفة جداً حتى أننا لا نرى فى كثير من الأحيان مكان
هذا المصدر جسماً مضيئاً ولو استخدمنا أكبر المناظير البصرية .
وكان للنظائر اللاسلكية فضل كبير فى معرفة الشكل العام
لمجرتنا (١) ، بعد الاستعانة بأشكال ملايين المجرات الأخرى التى
(١) النجوم التى تحيط بنامن كل جانب والتى تبدو للنظر كأنها
هى مبعثرة دون قصد أو نظام ، ليست فى الحقيقة كذلك بل تكون فى
مجموعها شكلاً هندسياً بديماً يسمى بالمجرة ، وهو أقرب ما يكون إلى
شكل المدسة الرقيقة . وتقع الشمس ومجموعتها بين دفتى الحافة الرقيقة
بعيداً عن المركز بحوالى ثلاثين ألف سنة ضوئية « ١٨٠ ألف مليون
ميل » . ولو كان موقع الأرض فى مركز المجرة لشاهدنا النجوم فى السماء
موزعة فى جميع الاتجاهات بشكل شبه منتظم ، أما وهى بعيدة عن المركز
فإن التوزيع يختلف اختلافاً كبيراً . فلو اتجهنا بأبصارنا ناحية المركز
لرأينا أكبر عدد من النجوم بينما يقل هذا العدد تدريجياً كلما ابتعدنا
عنه حتى لا نكاد نرى سوى بعض نجوم متفرقة . وهذا هو السبب فى
الطريق اللبنى الذى نراه فى الليالى الصافية . . . حزام ضيق أبيض
يحتوى على ملايين النجوم .

تسبح في الكون . وتختلف هيئات هذه المجرات اختلافا كبيرا
ولكننا نستطيع تقسيمها بصفة عامة إلى ثلاثة أنواع :

١ — يضاوى الشكل ، وذلك يشمل جميع المراتب ابتداء
من الهيئة المستديرة إلى الشكل البيضاوى الرفيع الذى يكاد
يشبه عصا الخيزران .

٢ — لولبي الشكل على هيئة نواة ضخمة يخرج منها ذراعان
منحنيان يتبعان في انحنائهما شكل النواة ، وتختلف درجة انفرج
الذراعين ما بين مجرة وأخرى .



مجرات لولبية

(شكل ١٦)

٣ — لوية قضبانية الشكل ، وهذه تتكون من نواة يقطعها
قضيب طويل ويخرج الذراعان من نهايتى القضيب بزوايا مختلفة ،
وقد تبين أن هناك موجات لاسلكية تنبعث من الطريق
البنى ، وبدراسة شدة هذه الإشعاعات ظهر أنها تختلف من



مجرات قصبانية

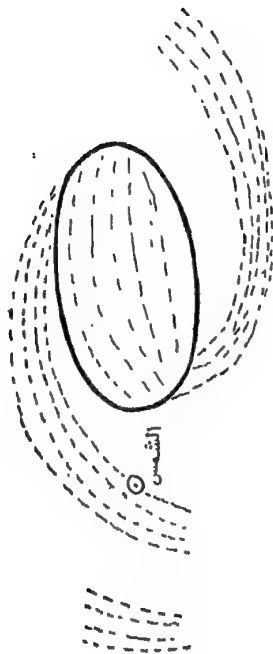
(شكل ١٦ مكرر)

مكان إلى آخر على طول هذا الطريق ولكنها تبلغ أقصى شدتها في بعض المواقع وخاصة عند كوكبات السهم والدجاجة وذات الكرسي ، ولاحظ العلماء أن كوكبة السهم تقع في اتجاه مركز المجرة حيث يجتشد أكبر عدد من النجوم بينما نرى الطريق اللبني عند كوكبة الدجاجة وقد تفرع إلى مسلكين نتيجة لوجود سحب هائلة من مواد ما بين النجوم « سدم » تعجب كثافتها معظم نجوم هذه المنطقة الواقعة في وسط الطريق اللبني وتترك ما على جانبيه من نجوم فيبدو كأنما تفرع إلى طريقين . وبدأ تفسير هذه الموجات عام ١٩٤٠ بأنها نتيجة وجود غازات متأينة بين النجوم وأن التصادم بين الالكترونات

والبروتونات فيها ينتج عنها موجات طويلة لاسلكية . وقد يبدو لأول وهلة أن هذا المصدر لا يكفي لإعطاء موجات بهذه الشدة التي تسجلها أجهزتنا لأن الغازات المتأينة بين النجوم تكون صغيرة الكثافة حتى تكاد أن تكون فراغا . ولكن إذا أخذنا في الاعتبار الحجم الهائل للمجرة فإننا نلاحظ وجود عدد كبير من هذه الطبقات الرقيقة على مسافات متباعدة ، فإن كان إشعاع إحداها ضعيفا فإنها متجمعة تعطى موجات ملحوظة الشدة .

وإذا كانت الدراسات قد بينت أن الموجات اللاسلكية في اتجاه مركز المجرة هي نتيجة لوجود مواد ما بين النجوم يتخللها عدد هائل من النجوم ، فالمفروض ألا نجد هذه الموجات في الجهة المضادة للمركز والجهات الأخرى ... أو على الأقل يكون الإشعاع ضئيلا . ولكن ثبت وجود إشعاعات قوية في هذه النواحي وخاصة في الجهة المضادة تماما . وقد فسر العلماء ذلك بأنه راجع إلى التركيب اللولبي للمجرة ، أما في الجهة المضادة فيوجد ذراع « أو جزء من ذراع » ثالث .

وبينا تقف الموجات الضوئية عاجزة عند سطح كوكب ما ، نجد الموجات اللاسلكية قادرة على النفاذ لما تحت ذلك السطح ...



شكل المجرة

(شكل ١٧)

ولعل حالة القمر هي أروع مثال على ذلك . فقد اكتشف العلماء عام ١٩٤٦ موجة طولها $1\frac{1}{2}$ سنتيمتر آتية من القمر ولم يكن ذلك الا اكتشاف مفاجأة لهم . فالقمر الى جانب عكسه لأشعة الشمس ، يسخن سطحه نتيجة لامتناعه هذه الأشعة ولكنه لا يصل إلى درجة التوهج التي ينتج عنها إشعاعات ذاتية مرئية . . والسخونة الطفيفة التي تلحق به تبث موجات طفيفة واقعة في منطقة دون الحمراء ما بين ٧ ، ٨ ميكرون ٧×10^{-4} ، ٨×10^{-4} سنتيمتر » بالإضافة إلى موجات أخرى أطول من ذلك « لاسلكية » .

ولما أجريت الدراسات أولا على الأشعة دون الحمراء لقياس درجة حرارة السطح ، تبين أنها تختلف ما بين نهار القمر وليله فتبلغ خلال النهار القمري « الذي يستغرق أسبوعين تضيء الشمس خلالها أحد نصفيه بصفة مستمرة » حوالي ١٣٠ درجة مئوية بينما تنخفض أثناء الليل « الذي يستغرق أسبوعين آخرين » إلى ١٥٠ درجة تحت الصفر المئوي ، أي يفارق قدره ٢٨٠ درجة بين الليل والنهار .

ومن ناحية أخرى حين بحثت الموجات اللاسلكية لغرض قياس درجات الحرارة ، لم نجد ذلك الفرق الكبير في الحرارة

بين ليل القمر ونهاره . ففي حالة الموجة التي طولها ١١/٢ سنتيمتر كانت حرارة النهار ٣٠ درجة فوق الصفر وحرارة الليل ٧٥ درجة تحت الصفر أى بفارق قدره ١٠٥ درجات فقط بين الليل والنهار ، بينما الموجة التي طولها ٣ سنتيمتر لا تعطى فارقاً يذكر في درجات الحرارة بل هي تكاد تكون ثابتة طوال الشهر القمري .

ويمكن تفسير هذه النتائج الفريدة التي توصلنا إليها الموجات اللاسلكية إذا علمنا أن العالم السوفييتي فيسنكوف أعلن — قبل اكتشاف موجات القمر اللاسلكية — أن سطح القمر موصل رديء للحرارة . وقد بنى استنتاجاته هذه على أرصاده لحسوف القمر حين تلقى الأرض عليه ظلها فتحجب عنه ضوء الشمس بضع دقائق ، ففي هذه الدقائق القليلة تنخفض درجة حرارة السطح انخفاضاً كبيراً . ولو كانت طبقات القمر توصل الحرارة جيداً لنقلتها سريعاً من داخل القمر إلى سطحه خلال تلك الفترة ولما انخفضت حرارة السطح هذا الانخفاض الكبير . وحسب فيسنكوف درجة التوصيل الحراري لأرض القمر فوجدها تقل ألف مرة عن مثيلاتها في الجرانيت والبازلت . والسبب في رداءة التوصيل عند السطح يرجع إلى تكون

طبقة رقيقة من مواد الشهب والنيازك . ففي الفضاء تسير قطع صغيرة من الحجارة والصخور بسرعة هائلة ويندفع منها عدد كبير نحو الأرض ولكن الاحتكاك الشديد الناشئ بينها وبين الغلاف الجوى للأرض يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها حتى الاشتعال فتبدو كسهم يضيء لبضع ثوان ثم يختفي « يطلق عليه الناس اسم النجم ذو الذيل » . فإذا كانت القطعة صغيرة تحولت بأكملها إلى أبخرة ورماد وأطلق عليها اسم شهاب ، أما إذا كانت كبيرة بقي منها جزء سليم يصل إلى الأرض ويرتطم بسطحها وذلك يسمى النيزك . ونادرا ما يكون للنيزك آثار مدمرة ، فلم يقع في التاريخ سوى حادثين من هذا النوع أحدهما في صحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية والآخر في صحراء سييرايا بالاتحاد السوفيتي وترك آثارا عميقة في الأرض نتيجة الاصطدام العنيف . وقد ظهر من الحسابات أن الأرض تستقبل يوميا مئات الأطنان من هذه المواد يتناثر الجزء الأكبر منها في الغلاف الجوى .

ولما كان القمر لا يحتوي على غلاف جوى ، فقد وصلت هذه المواد إلى سطحه وأخذت تتراكم عبر آلاف السنين مكونة طبقة محسوسة السمك تغطي السطح الأصلي للقمر وتعمل كعازل

للحرارة ما بين طبقات القمر وبين الفضاء الخارجى . فإذا ما سقطت أشعة الشمس على القمر طوال أسبوعين نتج عنها سخونة السطح الخارجى الملامس للفضاء ثم لا يلبث أن يصبح ذلك السطح شديد البرودة إذا ما غربت الشمس عنه . والأشعة دون الحمراء هى التى تنبعث من ذلك السطح فتبين الاختلاف الكبير فى درجات حرارة الليل والنهار ، بينما الموجات اللاسلكية تنبعث من الطبقات التى تحت السطح وهذه لا تفقد كثيرا من حرارتها فيبدو الفرق صغيرا وكما زاد عمق الطبقة الآتية منها الموجة قلَّ الفرق حتى يكاد يتلاشى . والموجة التى طولها ١١ سنتيمتر تنبعث من عمق ٤٠ سنتيمترا تحت السطح بينما الموجة ٣ سنتيمترات تأتى من طبقة أعمق من هذه .

والحال فى الكواكب شبيه بالقمر ، إذ أمكن استقبال موجات لاسلكية من بعضها وإن كانت شديدة الضعف بسبب بعدها الكبير وصغر قرصها كما يبدو لنا .



ذكرنا فى بداية هذا الباب أن هناك نوعين من دراسة الأمواج اللاسلكية — نوع يسمى الفلك اللاسلكى والآخر

الفلك الرادارى . وقد تحدثنا بما فيه الكفاية عن الفلك اللاسلكى
وسنشير الآن سريعا إلى فلك الرادار .

وفلك الرادار — كما يتضح من اسمه — لا يعتمد على استقبال
موجة لاسلكية يبعث بها الجسم السماوى إلى الأرض ، بل يقوم
الجهاز نفسه بإرسال موجة إلى الجسم لتضطدم به ثم ترتد ثانية
إلى الأرض حيث يتلقفها جهاز الاستقبال . ويستخدم الرادار
فى قياس أبعاد الأجرام السماوية القريبة مثل القمر وذلك من
معرفة الزمن الذى تقطعه الموجة فى الذهاب والإياب ولكنه
يعجز أمام الأجرام البعيدة وخاصة ما وراء حدود المجموعة
الشمسية بسبب المسافات البعيدة^(١) والأحجام الظاهرية الصغيرة
« تماما كمن يحاول أن يصيب شخصا بين مجموعة من الأشخاص
على مسافة قريبة ومن يحاول أن يصيبه من مسافة بعيدة » .

وقد استخدم العلماء فلك الرادار فى دراسة للشهب ، وقد
ذكرنا أن الشهب حين تدخل الغلاف الجوى للأرض فإنها
تشتعل نتيجة للاحتكاك الشديد ويخلف مسارها غازا متاينا
من خصائصه أنه يعكس الموجات اللاسلكية ، وذلك يساعدنا

(١) اقرب النجوم إلينا خارج حدود المجموعة الشمسية يقع على بعد
أربع سنين ضوئية أى يقطع الضوء المسافة بيننا وبينها فى أربع سنوات.

على معرفة مسارات الشهب وآثارها باستخدام تلك الرادار كما تمكننا محطات الرادار الخاصة من قياس بعد الشهاب عنا حين احتراقه وكذلك سرعته وطبيعة الأثر الغازى الذى يتركه .

وتمكننا الأرصاد المنتظمة للشهب عن طريق تلك الرادار من دراسة عدد من الشهب أكبر بكثير مما ندرسه بفلك البصريات والسبب فى ذلك أن الرادار لا يتوقف عمله إذا ساءت الأحوال الجوية كما يمكن استخدامه أثناء النهار فوجاته قادرة على اختراق السحب كما أنه فى استطاعتها دراسة آثار الشهب سواء فى الليل أو فى وضوح النهار وذلك بعكس المنظار البصرى الذى يعتمد على ضوء اشتعال الشهاب — وذلك لا يبدو واضحاً إلا أثناء الليل وفى غياب السحب . كما أن بعض الشهب قد تكون من الصغر إلى حد أن ضوءها الضعيف لا تراه العين ، وتلك يسهل على الرادار اقتناصها .

ويأمل العلماء أن يتسع أفق استخدام هذه الأجهزة فى القريب العاجل ليشمل بعض النواحي الأخرى مثل البحث عن وجود غلاف غازى رقيق حول القمر . فالثابت من النظريات أن القمر تعرض فى بعض مراحلها لانفجارات بركانية — قد يكون بعضها مستمرا حتى اليوم فى صورة مصفرة شبه خاملة —

وهذه البراكين يخرج منها غاز ثأني أكسيد الكربون وهو
غاز ثقيل نوتا ما ويمكن للقمر — رغم صغر جاذبيته —
أن يحتفظ به أو بجزء منه على الأقل . كما يحتمل وجود غاز
الأرجون الثقيل الذى ينتج من التحلل الاشعاعى لعنصر
البوتاسيوم ، فإذا أمكن التفرقة بين انعكاس موجات الرادار
من السطح الصلب ومن السطح الغازى عند هذه المسافة لمرقنا
إن كان للغازات وجود أم لا .

الصواريخ

عندما وجد العلماء أنهم كلما فتحوا نافذة يطلون منها على الكون وجدوها محدودة الرؤية لاتظهر لهم سوى القليل ، قرروا أن يأنوا الكون من أبوابه . وكيف يترك الإنسان أبواب الكون وهو قابع في مكانه على سطح الأرض ؟ حتى الرسائل التي بثت بها خلال نافذة الرادار أو التي تلقاها لاسلكيا لم تكشف له عن كل ما يريد معرفته عن الكون . والطريق الطبيعي لحل هذه المشكلة هو التخلص من الغلاف الجوي للأرض لوقوفه عقبة في سبيل أبحاثهم ، فهو من ناحية يمتص معظم الموجات الآتية من الأجرام السماوية فيمنعنا من دراستها دراسة كاملة ومن ناحية أخرى يحد من رؤيتنا للأجرام السماوية وتفصيلاتها وخاصة ضعيفة الضوء منها حتى ولو استخدمنا أقوى المناظير الفلكية .

ولما كانت الأرض — وسكانها متمسكون بخلافهم الجوي ولايسمحون لكائن من كان بالعبث به وتعريضه للضباع — لم يبق أمام العلماء سوى وسيلة واحدة وهي . . . الانطلاق من هذا

الكوكب إلى أى مكان مناسب آخر حيث يمكنهم استخدام نفس الأجهزة الفلكية بكفاية عالية وطاقة كاملة .

وقد قنع العلماء فى بادئ الأمر بإرسال البالونات إلى طبقات الجو العليا وحملوها بالأجهزة والآلات ولكنها لم تعتمد أجهزة الأرصاد الجوية لقياس درجات الحرارة والضغط والرطوبة وغيرها ، وكان أقصى ارتفاع وصلت إليه حوالى عشرين ميلا . ثم بدأ التفكير فى صنع الصواريخ ليتمكنوا من الوصول إلى ارتفاعات أعلى من ذلك بكثير ، وجرى دراسات نظرية عديدة على أنواع الوقود الذى يحسن استخدامه ثم أعقب ذلك بعض التجارب العملية ونجح صنع الصاروخ وإطلاقه فى ألمانيا فى بداية الحرب العالمية الثانية . وعلى إثر ذلك اتجهت أبحاث صنع الصاروخ وجهة حرية عن طريق زيادة حجمة ليستوعب أكبر قدر من المتفجرات وزيادة سرعته كي يصعب اقتناصه وهو فى الجو قبل أن يصل إلى هدفه ، ونجح الألمان فى ذلك قبل نهاية الحرب تحت إشراف العالم الشهير « فون براون » ولما انتهت الحرب عام ١٩٤٥ استولى الجيش الأمريكى على بعض هذه الصواريخ المسماة ف-٢ كما نقلوا « فون براون » وبعض زملائه إلى الولايات المتحدة للعمل فى أبحاث الصواريخ .

وفي يناير عام ١٩٤٦ بدأت مجموعة من علماء الولايات المتحدة تفكر في استخدام الصواريخ لدراسة طبقات الجو العليا وتحليل الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس والتي لا تصل إلى سطح الأرض ، وبدأ التخطيط للمشروع باستخدام خمسة وعشرين صاروخا أسيرا من طراز ف - ٢ ثم اتسع المشروع عام ١٩٤٩ بعد صنع عدد آخر من الصواريخ يبلغ خمسة وسبعين صاروخا . وقد وضعت معظم الأجهزة العلمية في رأس الصاروخ بديلا عن المتفجرات التي كان يحملها خلال الحرب ، كما وضعت أجهزة أخرى صغيرة في حجرات التوجيه وعلى جدار الصاروخ وبين خزانات الوقود وفي قسم الآلات المحركة عند القاعدة .

ويبلغ طول الصاروخ حوالي ستة عشر مترا ، وقطره متران أما وزنه وهو كامل الحمولة أربعة عشر طنا . وكان يستهلك في الدقيقة الأولى من انطلاقه ما يقرب من عشرة أطنان من الوقود المكون من الكحول والأكسجين السائل وترتفع درجة حرارة الاحتراق إلى ألفي درجة مئوية أما ضغط الغاز النفاث فيصل إلى حوالي ثمانية وعشرين طنا ١١

وبعد أن ينتهي احتراق كل الوقود ، يظل الصاروخ مندفعا

إلى أعلى بتأثير السرعة التي اكتسبها ثم يقضى معظم وقته قرب أقصى ارتفاع وهو في مساره الحر... فنلا حين أطلق صاروخ ليصل إلى ارتفاع ١٧٠ كيلو مترا استغرق مساره سبع دقائق ونصف قضى منها أربع دقائق ونصف على ارتفاع يزيد على ٨٠ كيلو مترا . والسيطرة على مسار الصاروخ واتجاهه خلال اللحظات الأولى من لحظة انطلاقه حتى يفرغ الوقود، تقوم بها مراوح من الجرافيت تعمل على انحراف تيار دخان الاحتراق وبالتالي يبقى الصاروخ في مساره المرسوم . ويطلق الصاروخ عادة في اتجاه رأسى ، ثم تعمل مراوح الجرافيت على إمالة تدريجيا كي يسقط على مسافة معقولة من محطة الانطلاق .

وبعد أن يصل الصاروخ إلى أقصى ارتفاع له ، يبدأ في السقوط بسرعة تزايد شيئا فشيئا حتى تصل حوالى كيلو متر في الثانية . وفي المراحل الأولى من التجارب كان اصطدامه بالأرض يؤدي إلى تدميره تدميرا كاملا ولم يتبق منه سوى شظايا صغيرة يصعب التعرف عليها — وجدت في حفرات إتساعها ثمانين قدما وقد اتخذت إجراءات عديدة للمحافظة على الأجهزة العلمية بما سجلته من معلومات . فاحدى الطرق تتطلب وضع متفجرات في رأس الصاروخ ومعها ساعة زمنية حتى إذا ما انتهت الأجهزة

من عملها وبدأ الصاروخ في سقوطه السريع حدث الانفجار عند ارتفاع حوالى خمسين كيلومترا فينفصل الصاروخ إلى عدة أجزاء خفيفة الوزن يكون اصطدامها بالأرض أخف بكثير مما لو ترك الصاروخ كاملا . وبهذه الطريقة أمكن استرجاع عدد من آلات التصوير والمطاييف في حالة سليمة .

ونمة طريقة أخرى استعملت بنجاح في هذه التجارب ، وهى التسجيل اللاسلكى لنتائج التجارب وخاصة ما يجرى منها على الأشعة الكونية ودرجات الحرارة والضغط الجوى وغيرها . وفى هذه الحالة يقوم الصاروخ بإرسال النتائج أولا بأول إلى محطات أرضية تقوم بتسجيلها فوراً بطريقة آلية . وقد أمكن استخدام ثلاث وعشرين قناة لتسجيل المعلومات فى آن واحد تقوم كل منها بتسجيل معلومات علمية مختلفة عن الأخرى كما استخدمت أنواع خاصة من المظلات تنطلق من الصاروخ عند ارتفاع ستين كيلومترا حاملة معها الأجهزة وآلات التسجيل لتصل بها إلى الأرض سالمة ، وفى هذه الحالة يمكن استمرار الارصاد أثناء هبوط المظلات ببطء لاستكمال النتائج عن الطبقات السفلى من الغلاف الجوى للأرض .

وعندما تمت هذه المراحل بنجاح ، بدأ العلماء يتطلعون إلى غزوات جديدة تبدأ بزيادة الارتفاع الذى يمكن أن يصل

إليه الصاروخ ثم بخروجه نهائيا من نطاق الغلاف الجوى وما يستلزمه ذلك من زيادة كبيرة فى سرعته إلى جانب التحكم التام فى توجيهه ليتخذ المسار المحدد له مع استخدام الإرسال اللاسلكى لتلقى البيانات العلمية ثم البحث — إذا أمكن — عن أفضل الطرق لإعادته سالما إلى الأرض .

وتتمد زيادة سرعة الصاروخ اعتمادا كلياً على نوع الوقود المستخدم وعلى كيفية احتراقه ، فالوقود الصلب مثلاً — كالتفجرات وغيرها — لا تصلح فى هذا المجال لأنه لا ينساب بسهولة فى الأنابيب ولا تخرج الغازات المتولدة عنه من الفتحات بسرعة كافية ، كما أن استعماله يقلل من دقة التحكم فى مسار الصاروخ بسبب عدم انتظام الاحتراق وذلك بالإضافة إلى أن احتراق الوقود الصلب يؤدى إلى ضغط جافى وارتفاع كبير فى الحرارة مما يستلزم معه تقوية جدران الصاروخ على حساب السرعة التى تتطلب وزناً خفيفاً . ولهذا الأسباب اتجه العلماء إلى الوقود السائل الذى يعتمد على خليط مكون من الكحول والأكسجين ، وفى هذه الحالة يوضع كل منهما فى خزان خاص يخرجان منه فى أنابيب منفصلة ليتقيا فى غرفة الاحتراق . . . كما أن هناك أنواعاً أخرى من الوقود السائل لكل منها ميزات ومساوئ ولكن الغرض الرئيسى هو الحصول على أكبر طاقة بأقل التكاليف .

طريق الفضاء

كان نجاح صنع الصواريخ . وإطلاقها ثم تطويرها لزيادة سرعتها حافظا قويا للعلماء أغرامهم بتكثيل جهودهم لغزو الفضاء غزوا آليا في بادئ الأمر ثم غزوا بشريا تمهيدا لتنظيم رحلات إلى الكواكب ثم استثمار خيراتها البكر وإقامة محطات أرصاد عليها أو بجوارها للحصول على صورة كاملة للكون واستجلاء غوامضه .

وبدأت المحاولات بصنع صواريخ متعددة المراحل ، فيثبت فوق الصاروخ الرئيسى صنع صواريخ صغيرة حتى إذا ما استفد محرك الصاروخ الأول وقوده انفصل آليا كي يفسح المجال أمام محرك الصاروخ الثانى للبدء فى العمل ورفع الكتلة الصغيرة المتبقية مسافة أخرى ، وبذلك أصبحت فكرة إطلاق الأقمار الصناعية حقيقة واقعة ... والقمر الصناعى هو جسم يدور حول الأرض تحت تأثير قوى جاذبيتها كما يحدث للقمر الطبيعي .

ويمكن إطلاق هذا القمر بواسطة صاروخ متعدد المراحل

تكون المرحلة الأولى منه رأسية ، ثم تنحرف المرحلة الثانية بزاوية معينة ويزيد الانحراف في المرحلة الثالثة حتى إذا بلغت المطلوب بدأ القمر الصناعي يسير أفقيا ليبدأ اتخاذ مداره حول الأرض . وعلى وجه التقريب يكون مسار القمر قطعا ناقصا « بيضاويا » ثابتا في الفضاء ويكون مركز الأرض واقعا في إحدى بؤرتيه . وفي الحقيقة تحدث إقلاقات لهذا المسار فلا يبقى ثابتا في الفضاء بسبب عدة عوامل منها المقاومة التي يصادفها في طبقات الجو العليا ، — إذ أن المسار البيضاوى يجعله في بعض مواقعه بعيدا عن الأرض وغلافها بينما يقترب في مواضع أخرى ليمر في طبقات الجو العليا — ومن ناحية أخرى نجد أن قوى الجاذبية الأرضية تختلف في مقدارها واتجاهها فلا تكون ناحية مركز الأرض نتيجة لعدم انتظام توزيع كثافة المواد في باطن الأرض .

وفي اليوم الرابع من شهر أكتوبر عام ١٩٥٧ أطلق الاتحاد السوفيتى أول قمر صناعى ليدور حول الأرض في حوالى ساعة ونصف ، ويبتعد عن سطح الأرض في مساره إلى ٩٤٧ كيلو مترا ثم يقترب في بعض المواقع إلى مسافة قدرها ٢٢٨ كيلو مترا . ولو أردنا أن نتوخى الدقة في التعبير لذكرنا أن ما أطلق في ذلك

اليوم قران لا قرر واحد ، إذ أن صاروخ المرحلة الأخيرة اتخذ مسارا مستقلا حول الأرض بعد أن انفصل عنه القمر الصناعي بما فيه من أجهزة علمية . وقد بقي هذا الصاروخ في الفضاء حتى الثالث من شهر ديسمبر وكان في تلك الفترة يقترب رويدا رويدا من الأرض بسبب المقاومة التي كان يلقاها من الغلاف الجوى حتى أصبحت قوة الاحتكاك كبيرة إلى درجة أدت إلى اشتعاله وسقوطه ... أما القمر نفسه فقد بقي في الفضاء حتى أول يناير ١٩٥٨ أى ما يقرب من ثلاثة أشهر .

وأعقب إطلاق هذا القمر الذى يزن ٨٣٠٥ كيلو جرامات قر ثمان فى الثالث من نوفمبر ١٩٥٧ ويبلغ وزنه خمسمائة كيلو جرام ... وهو عبارة عن رأس صاروخ يحتوى على عدد كبير من آلات القياس وغرفة خاصة وضع فيها أول كائن حى يدور حول الأرض هو الكلبة « لا يكا » ، التى كانت تنبذ عن سطح الأرض إلى ١٦٧٥ كيلو متر وتقترب منه حتى ٢٢٥ كيلو متر . وكان لإرسال « لا يكا » لتدور حول الأرض خطوة هامة لنجاح إطلاق رواد الفضاء فيما بعد ، فالأجهزة الطبية المحيطة

بها كانت ترسل التقارير المستمرة عن حالتها الصحية لمعرفة احتمالات الحياة في الفضاء والأخطار التي قد يجابهها الرواد، ولكن ما فشل فيه العلماء السوفييت في هذه التجربة هو عجزهم عن إعادتها ثانية إلى الأرض . . . وهكذا استشهدت لتذلل الطريق أمام أول رائد للفضاء وتحيط رحلته بالأمان .

وقبل « لايكا »، أجريت تجارب عديدة لإطلاق الحيوانات إلى طبقات الجو العليا لفترات قصيرة عن طريق الصواريخ . فاستخدمت الولايات المتحدة الأمريكية الجرذان والقروود في تجاربهم بينما استخدم الاتحاد السوفيتي الكلاب في اختباراتهم وثبت إمكان بقاء الكائنات الحية في هذه الطبقات لفترات قصيرة دون أن يصبها أى أذى . ولكن تجربة القمر الصناعي السوفيتي الثاني زادت في الارتفاع من خمسمائة كيلو متر إلى ألفي كيلومتر كما أطالت فترة بقاء الكائن الحي في الفضاء .

وأعقب ذلك إطلاق عدة أقمار صناعية أخرى سواء من جانب الولايات المتحدة الأمريكية أو من جانب الاتحاد السوفيتي

حتى كان ذلك اليوم الحالد فى تاريخ البشرية . . . يوم الأربعاء
١٢ إبريل ١٩٦١ حين أطلق أول رجل فى رحلة فضاء «يورى
جاجارين» ليدور حول الأرض مرة واحدة ثم يهبط سالما فى
المكان المحدد لذلك

وبين «لايكا» وجاجارين أطلقت عدة سفن فضاء تحمل
حيوانات لندور حول الأرض فى ١٩ أغسطس عام ١٩٦٠
كانت السفينة تحمل كلبين هما «بلسكا» و «ستريكا» وبعد أن
دارا ثمانى عشرة مرة عادت بهما سالمة إلى بقعة تبعد عشرة
كيلومترات عن المكان المحدد وبذلك اقترب العلماء من أهدافهم
من الناحيتين الآلية والبيولوجية .

وبهذه المناسبة نود أن نستعرض سريعا تصرفات الكلبين
خلال رحلتهما المثيرة كما سجلتها عدسة التليفزيون . فى بادىء
الأمر اتتاها شىء من الفزع وأخذا ينصتان إلى الأصوات
الغريبة عند بدء الإنطلاق ثم أخذا يتطلقان هنا وهناك للبحث
عن مخرج لهما ولكن ازدياد قوة الجاذبية فى الثوانى الأولى
ممرهما فى مكانهما لا يستطيعان حراكا سوى محاولات يائسة

يدفعان الأرض فيها بمخالهما للتخلص من قبضة الجاذبية العالية .
وانقلب الحال من النقيض إلى النقيض حين اتخذت السفينة
مسارها حول الأرض وتلاشت الجاذبية فيها فتعلق الكلبان في الهواء
استسلما لما يصيبهما وقد تدلى رأساهما ومخالهما في الهواء
كأنما قد فارقا الحياة . وبالتدريج أخذتا يستعيدان الرشد وانطلقت
« بلسكا » تنبح في نوبة من الغضب ، وما لبثا أن اعتادا الأمر
وبدآ يتناولان الطعام من الإناء الآلى .

وفي أول ديسمبر من نفس العام انطلق كلبان آخران هما
« ماشكا » و « بشيولكا » ومعهما بعض الحيوانات والحشرات
الأخرى بالإضافة إلى أنواع من النباتات . وقد تلقى العلماء
عن طريق أجهزتهم بعض المعلومات القيمة عن هذه الرحلة ،
ولكن نجاحها لم يتم . . . إذ فقدوا أثرها لمبوطها إلى الأرض
في مسار غير المرسوم لها . ثم استعاد العلماء ثقتهم بانفسهم قبل
انطلاق « جاجارين » بأسابيع قليلة حين أطلقوا كلبا سادسا
« فيودوشكا » إلى الفضاء ثم أعادوها إلى المكان المحدد .

ولن ندخل فى تفاصيل الأبحاث البيولوجية والطبية ولا فى التدريبات العنيفة الطويلة التى تلقاها رواد الفضاء قبل سفرهم .
بعدة أشهر ، ولكن ما يهمنا — من الناحية الفلكية — هو نجاح هذه الرحلات سواء من جانب الاتحاد السوفيتى أو الولايات المتحدة الأمريكية لأن هذه الخطوات الكبرى هى بداية السفر إلى القمر والكواكب ومعرفة ما يحبته القدر لنا فيها ، ثم إقامة مرصد فى الكواكب التى لا تحتفظ بغلاف جوى كى يمكننا دراسة الكون دراسة وافية .

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١٩٨٦/١٦٨١

ISBN ٩٧٧-٠١-٠٨٦٣-٤

3.1
Bibliotheca Alexandrina



0424527

مطابع الهيئة المصرية

٢٥ قرشاً